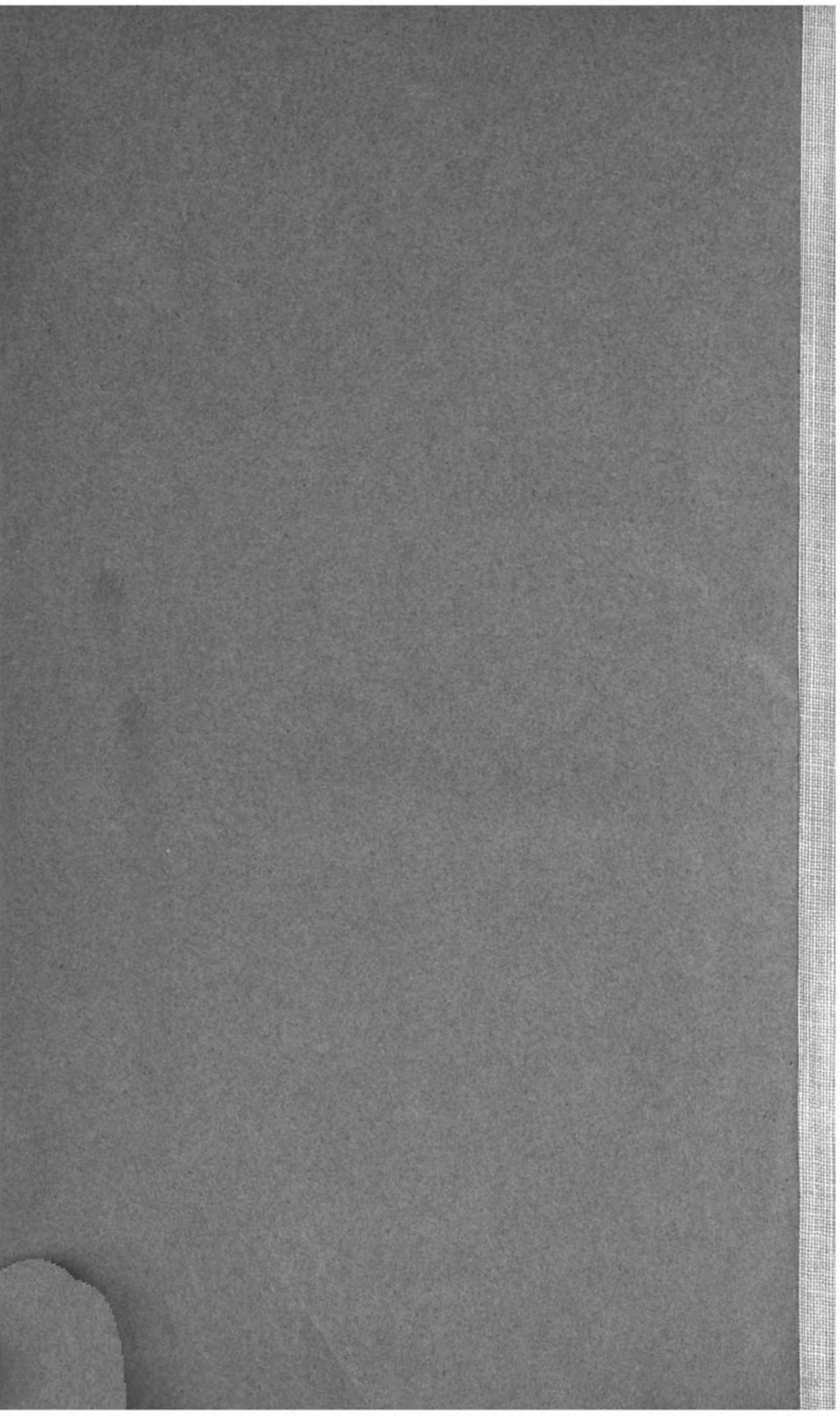








Morphologische Studien

über die

Gestaltungs-Gesetze

der

Naturkörper überhaupt

und

der organischen insbesondere.

Gebildeten Freunden

allgemeiner Einblicke in die Schöpfungs-Plane der Natur

gewidmet.

Rerum cognoscere causas.

Von

Heinrich Georg

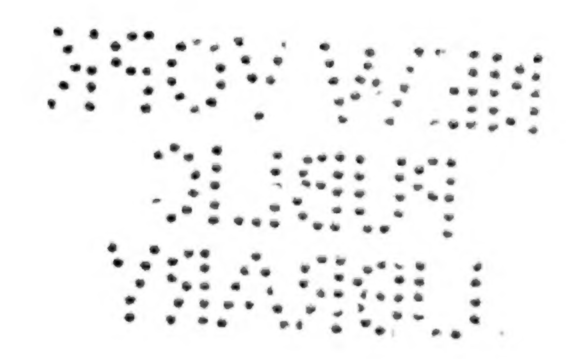
Dr. H. G. Bronn.

Mit 449 Holzschnitten.

Leipzig und Heidelberg.

C. F. Winter'sche Verlagshandlung.

1858.



Vorrede.

Während meiner langjährigen naturgeschichtlichen Studien haben mich zwei Aufgaben immer vorzugsweise angesprochen. Die eine war, wo möglich für die gemeinsame gesetzliche Pflanzen- sowohl als für die Thier-Form einen allgemeinen Ausdruck zu finden in derselben Weise, wie er für die Welten- und für die Mineralien-Form bereits gegeben war, die Gesetze und die Grenzen ihrer Abänderungen auch hier, wie es dort geschehen, zu verfolgen, und deren Verhältnisse einestheils zu den bedingenden Ursachen und anderntheils zur Systematik zu ermitteln. Das zweite Ziel, nach welchem mein Auge von Anfang her gerichtet gewesen, war, das Gesetzliche in der Entwickelungs-Folge der organischen Körper während der geologischen Zeit, abermals mit Rücksicht auf die äußeren Bedingungen zu ergründen. Die gewonnenen Ergebnisse in dieser letzten Hinsicht habe ich in meiner Geschichte der Natur veröffentlicht und, durch die Ausbeute der letzten Zeit ergänzt, in der bei der Französischen Akademie im Jahre 1856 eingereichten Preisschrift niedergelegt, welche nunmehr ebenfalls dem Drucke übergeben ist. Die in erster Beziehung allmählich ge-

wonnene Einsicht habe ich bis jetzt nur gelegentlich in theilweisen und kurzen Umrissen mitzutheilen Gelegenheit gehabt in meinen zoologischen Vorträgen wie in einigen meiner Schriften, so weit sie nämlich dem jedesmaligen besonderen Zwecke genügten. Man findet sie vom Jahre 1841 an in meiner Geschichte der Natur (I, S. 3—6), 1850 in meiner Allgemeinen Zoologie (S. 97—105), 1853 in meiner Allgemeinen Einleitung in die Naturgeschichte (S. 14—21 und 49—67), in der deutschen Bearbeitung von Johnston's Konchyliologie (S. 655—668), so wie in der Einleitung zu der oben erwähnten Preisschrift, indem sich nämlich der Parallelismus zwischen der systematischen und der zeitlichen Formen-Entwickelung der Organischen Reiche nicht verkennen läßt. Hier haben also jene beiden Aufgaben zwar eine gleichzeitige Bearbeitung gefunden, die zweite jedoch wieder nur so weit, als in der ersten die Nothwendigkeit für diesen besonderen Zweck gegeben war. Aber gerade bei dieser Veranlassung habe ich auch das an und für sich Ungenügende einer bloß Skizzen-haften Behandlung der natur-systematischen Morphologie lebhaft empfunden und mich zu einer selbstständigen Bearbeitung dieser Aufgabe in ihrem ganzen Umfange entschlossen, die ich um so mehr hiermit versuchen zu müssen glaubte, als eine solche bis jetzt überhaupt nicht vorliegt und meine Arbeit in der Hauptsache immer unabhängig gewesen ist von demjenigen, was andere Naturforscher in dieser Hinsicht veröffentlicht haben, deren Verdienste überhaupt und deren Einfluß auf einige Einzelnheiten der gegenwärtigen Schrift insbesondere ich mit Vergnügen anerkenne, wie Solches auch im Texte an den bezüglichen Orten überall geschehen ist.

Nur Milne Edwards hat 1851 in seiner Introduction générale à la Zoologie eines meiner allgemeinen organischen Formen-Gesetze, dessen erste (mir unbekannt gewesene) Andeutung seinerseits er auf das Jahr 1839 zurückführt, in Bezug auf die Zoologie in eben so anziehender als belehrender, doch nicht umfassender Weise abgehandelt. Es ist Dieß sein Gesetz der „Arbeits-Theilung unter den Organen", welches mit meinem Gesetze der „Differenzirung" derselben (S. 161) in der Hauptsache zusammenfällt, doch eine etwas größere Ausdehnung hat, so daß er manche Erscheinungen, für die ich schon früher andere gesetzliche Ausdrücke aufgestellt, demselben mit unterordnet, während dagegen von dem Gesetze der Zahlen-Reduktion u. s. w. auch nicht einmal andeutungsweise die Rede ist. Von Burmeister ist die Zählungs-Weise der Rumpf-Glieder und Deutung der Kopf-Theile bei den Kerbthieren aufgenommen worden, wie es an seinem Orte angegeben ist. Die verdienstvollen zoo-morphologischen Arbeiten von Geoffroy St. Hilaire, von Carus u. A. m. haben ein von dem gegenwärtigen verschiedenes Ziel.

Mein Hauptzweck bei dieser Arbeit ist der wissenschaftliche rein objektive. Ich habe indessen nicht selten in wissenschaftlich gebildeten Kreisen in Bezug auf Natur-Geschichte die Klage äußern hören, daß sie aus einem endlosen Fachwerke voll vereinzelter Thatsachen bestehe, von welchen Kenntniß zu nehmen nur für den Fachmann anziehend sei, während der Freund einer allgemein wissenschaftlichen Bildung, welcher nicht eine lange viel Zeit in Anspruch nehmende Reihe von Einzeln-Studien durchzumachen in der Lage sei, doch vergleichungsweise nur wenige ansprechende Gesichtspunkte zu finden und sich

anzueignen im Stande sei. Es würde mich freuen, wenn dieser Versuch mit dazu beitragen könnte, diese Meinung zu widerlegen; und es ist aus diesem Grunde geschehen, daß nicht nur der Text weiter ausgeführt worden, als Solches für ein nur aus Fachmännern bestehendes Publikum nöthig und angemessen gewesen sein würde, sondern auch eine reichlichere Menge erläuternder Holzschnitte in Anwendung gekommen ist, wozu die Blöcke bei der Verlags-Handlung vorräthig gewesen sind und daher ohne wesentliche Kosten verwendet werden konnten, um noch manchem Leser den Inhalt unserer Schrift zugänglicher zu machen, der mit uns erstrebt

Rerum cognoscere causas.

Heidelberg, im April 1858.

H. G. Bronn.

Inhalts-Übersicht.

Druckfehler:

Seite 16 Zeile 1 v. u. statt Grund= lies Queer=.

Erster Theil.

Die Grundformen der vier Natur-Reiche.

Es ist eine der schönsten und erhebendsten Aufgaben des Menschen, die zahllosen Einzelnheiten unsrer Erkenntniß, wie sie die tägliche Beobachtung uns zuführt, die nächtliche Erspähung der fernsten Welträume zu Tage fördert, wie das Reagens des Scheidekünstlers sie lehrt, wie das Mikroskop und Skalpel des Naturhistorikers und Anatomen an fast dreimal hunderttausend Arten natürlicher Körper sie darlegt, die Verfolgung des Entstehens derselben vom Atom an bis zu ihrer reifen Gestalt sie bietet, so zu ordnen und unter allgemeine Gesichts-Punkte zu bringen, daß sich das Gemeinsame und Gesetzliche daraus erschließen und der Weg enträthseln läßt, welchen die Natur bei Erschaffung und Gestaltung der Wesen eingeschlagen hat. Was gibt es schöneres und höheres für den menschlichen Geist, als den großen Plan der Schöpfung noch einmal zu denken!

Doch beschränken wir uns hier auf einen bescheidenen Antheil an dieser großen Aufgabe, auf die Betrachtung der Formen-Verhältnisse der Naturkörper überhaupt und der Organismen insbesondre aus einem gemeinsamen höheren Gesichtspunkte, welcher noch ein vielfach praktisches Interesse darbietet; sie lehrt uns die Formen-Unterschiede als Hülfsmittel bei der Klassifikation der Natur-Körper richtiger beurtheilen und anwenden; sie giebt uns einen Schlüssel über manche Erscheinungen in der Aufeinanderfolge der organischen Wesen während der geologischen Zeiten, sie erlaubt uns Rückschlüsse aus dem bereits Ermittelten und Gewonnenen auf das Einzelne, das sich der richtigen Auffassung bisher noch entzogen hat.

Die ganze materielle Natur, die Gesammtheit jener fast dreimal hunderttausend Arten unorganischer und organischer Wesen, welche in unseren Systemen aufgezählt werden, ist aus nicht mehr als einigen und sechzig Urstoffen oder Elementen zusammengesetzt, so zwar, daß die Hälfte dieser Stoffe bis jetzt nur als äußerst

seltene Erscheinungen oft nur an einer Stelle der Erde, oder fast nur in einer Art von Natur-Körpern bekannt ist, während die übrigen eine mehr oder weniger ausgedehnte, ja mitunter so allgemeine Verbreitung besitzen, daß sie, wie der Sauerstoff z. B., in fast keinem Naturkörper fehlen. Jeder dieser Urstoffe besitzt von denen der übrigen abweichende physikalisch-chemische Eigenschaften, und so ist es, außer der verschiedenen Auswahl der zusammensetzenden Elemente, nur ihr wechselndes Menge-Verhältniß, der mehr oder minder innige Grad ihrer Verbindung unter einander zu bloß mechanischen Aggregaten und Gemengen oder zu homogenen chemischen Gemischen, vorzüglich die äußere und innere Form der von ihnen zusammengesetzten Natur-Körper und die Art der sie beherrschenden Kraft, welche die Unterschiede jener 300,000 Arten von Wesen zu bedingen genüget.

Unter jenen Urstoffen sind jedoch die vier sogenannten Dynamide oder unwägbaren Elemente: Luft, Wärme, Elektricität und Magnetismus noch nicht mitbegriffen, welche zwar zur Masse der Natur-Körper nichts beitragen können, aber überall bedingend und gestaltend im Spiele sind, wo neue Wesen entstehen. Namentlich vermag die Wärme, indem sie sich in genügendem Maaße mit den wägbaren starren Elementen verbindet, sie in den tropfbar- und endlich in den elastisch-flüssigen Zustand überzuführen oder durch ihre Trennung von ihnen sie wieder zu verdichten und so im ersten Falle ihre Verwendung zu Neubildungen zu erleichtern oder zu ermöglichen, im zweiten aber das Gebildete festzuhalten.

Die Gestaltung neuer Wesen aus jenen Urstoffen wird indessen von Kräften vermittelt, welche, ebenfalls manchfaltig in ihren Erscheinungen und Wirkungen, sich doch auf so viele Urkräfte zurückführen lassen, als Natur-Reiche vorhanden sind, und überall in einem mehr und weniger sichtlichen Zusammenhange mit den äußeren Existenz-Bedingungen für jene Wesen wirken. Diese Kräfte besitzen eine vierfach verschiedene Abstufung in sofern, als durch ihre Thätigkeit Natur-Körper von viererlei Form und Textur, auf vierfach verschiedener Höhe der Ausbildung und Vollkommenheit hervorgehen. Während aber die niedrigeren und allgemeineren für sich allein neue Wesen zu bilden vermögen, sehen wir die höheren überall mit den ihnen vorangehenden niederen zusammenwirken, obgleich sie deren Thätigkeit beherrschen. Dieses Stufen-Verhältniß läßt sich in folgendem Bilde darstellen:

Reiche der Natur-Körper		Kräfte*): Attraktion	Affinität	Vitalität	Sensibilität
organische					Thiere
				Pflanzen	
unorganische			Mineralien		
		Weltkörper			

Wir versuchen diese vierfache Abstufung der Kräfte, Wesen und Formen im Einzelnen näher zu betrachten und beginnen mit der Attraktion.

A. Die Welten.

Jene sechzig Urstoffe haben bekanntlich die Eigenschaft der Schwere mit einander gemein, eine Eigenschaft, vermöge der sie sich selbst, so wie alle ihre Atome gegenseitig einander anziehen, gegen einander fallen, auf einander drücken, allen möglichst nahe zu sein streben. Diese Schwerkraft (Gravitation, Anziehungs-Kraft, Attraktion, Zentripetal-Kraft) steht bei allen Elementar-Stoffen und deren Verbindungen im Verhältnisse zu ihrer Masse, und bei gleichem Umfange zu ihrer Dichte, nimmt aber bei zunehmender Entfernung sehr rasch, nämlich in quadratischem Verhältnisse ab, so daß endlich ein an sich unbedeutendes Hinderniß, eine schwache Reibung, eine geringe in entgegengesetzter Richtung wirkende Anziehung oder Kohäsion eines andern Körpers oder ein Stoß in anderer Richtung schon genügen kann, die erste Wirkung aufzuheben. Aus demselben Grunde erleichtert aber auch ein flüssiger Zustand der sich gegenseitig anziehenden Körper in sofern, als er die Reibung vermindert und die Verschiebung und den Orts-Wechsel der Theilchen erleichtert, die Ausbildung der der Attraktion entsprechenden Form.

Die Form, welche dieser einfachsten und universellsten aller Kräfte, der Attraktion nämlich entspricht, ist die Kugel-Form: ihrerseits die einfachste und regelmäßigste aller denkbaren Formen, welche nur von einer Fläche umgrenzt ist und worin alle Durchmesser sämmtlich gleich und alle Punkte der Oberfläche gleichweit von dem Mittelpunkte der Form und der Anziehungs-Kraft entfernt, also auf

*) Mit der Attraktion und Affinität ist freilich die Zahl der bloß physikalischen Kräfte im Gegensatze zu den organischen noch nicht erschöpft; doch kann man sich, was deren Einfluß auf die Gestaltung der Natur-Körper betrifft, auf ihre Berücksichtigung nahezu beschränken; von der Schwungkraft wird nachher die Rede sein.

alle entferntesten Punkte noch der Mitte möglichst nahe gerückt sind. Diese Form bildet sich durch Juxtaposition heterogener oder homogener Stoffe aller Art von außen her. Doch ist das Gleichgewicht zwischen den die Kugel zusammensetzenden Theilen nur dann hergestellt, wenn die dichtesten, mithin schwersten, am stärksten ziehenden und am stärksten gezogenen die Mitte einnehmen und alle übrigen in dem Verhältnisse, als sie leichter und leichter werden, sich um die ersten herum lagern, so daß mithin jede der von innen nach außen aufeinander liegenden konzentrischen Schichten leichter als die nächst-vorhergehende, aber selbst an allen Stellen ihres Umfangs gleich schwer ist. Diese Bedingungen konnten nur dann vollständig erfüllt werden, wenn die Kugel bei ihrer Bildung flüssig gewesen, so daß alle Theile den ihnen gebührenden Platz einzunehmen nicht gehindert waren. Eine solche Beschaffenheit besitzt in der That unsre Erde, welche nach Laplace's Theorie gleich den anderen Welt-Körpern unsres Sonnen-Systems sich durch Zusammenziehung der unendlich fein und gleichförmig durch den zu diesem Systeme gehörigen Weltraum vertheilt gewesenen Materie gebildet hätte. Über die jetzt von außen her erstarrten schweren Schichten der Erde hat sich eine Schicht des leichteren Wassers gelagert, nicht mächtig genug, um alle Erhöhungen ihrer etwas unebenen Oberfläche zu bedecken. Über dem Wasser folgt die noch leichtere elastische Luft-Schicht, einige Meilen hoch, aber nach oben immer dünner und leichter werdend in dem Maaße, als der Druck des oberen auf den unteren Theil geringer wird, so daß es kaum möglich ist, eine äußerste Grenze derselben ganz genau zu bezeichnen. Daß aber auch der starre Erd-Kern selbst aus konzentrischen Schichten von nach außen abnehmender Dichte bestehe, geht daraus hervor, daß nach den Pendel-Messungen die mittle Dichte der gesammten Kugel $5^1/_2$ mal so groß als die des Wassers ist, obwohl die äußere Rinde kaum zweimal so schwer als das letzte erscheint. Es müssen daher die innersten Schichten in demselben Verhältnisse schwerer denn $5^1/_2$ werden, als die äußeren leichter sind.

Wie genau wir aber auch durch die Erfahrung mit den Wirkungen der Schwerkraft bekannt geworden, wie scharf wir dieselben bis in unbekannte Fernen und Zeiten zu berechnen vermögen, so räthselhaft bleibt uns die Kraft an sich selbst, das Vermögen der Materie nämlich, anziehend auf alle anderen Materien zu wirken, mit welchen sie nicht einmal in materiellem Zusammenhange steht,

ja selbst, wenn sie durch unermeßliche Räume von denselben getrennt ist.

Wie einfach und konsequent ferner sich die einstige Bildung unsrer Erde mit Hilfe der erwähnten Laplace'schen Voraussetzung durch die Schwerkraft erklären ließe, so kommt doch, um den angedeuteten Erfolg herbeizuführen, noch irgend eine von außen herrührende Störung des Gleichgewichtes zwischen den gleichförmig im Welt-Raume vertheilt gewesenen Atomen hinzu, in deren Folge sie erst gegen gewisse Mittelpunkte hin zusammenzuströmen und sich zu Welt-Körpern zu vereinigen im Stande waren.

Indessen ist die Kugel-Form der Erde nicht, wie wir bisher angenommen haben, genau rund. Eine solche würde nur etwa bei einer Sonne oder einer Zentral-Sonne, die sich in absoluter Ruhe befände, möglich sein. Die Erde aber bewegt sich bekanntlich, gleich allen übrigen Planeten unsres Sonnen-Systems und ihren Begleitern, in einer elliptischen Bahn um die Sonne und jeder derselben auch gleichzeitig um seine Achse. Einmal in Bewegung gesetzt, würde nämlich jeder dieser Planeten mit gleichbleibender Geschwindigkeit und Richtung, also in gerader Linie, durch den Welt-Raum davon eilen, wenn er nicht von der Sonne angezogen, in jedem Augenblick soviel gegen sie herabzufallen genöthigt wäre, daß hierdurch jene gerade endlose Bahn in eine runde stets wieder in sich zurückkehrende übergeführt würde, so daß die Planeten in ewigem Kreislaufe um die Sonne verharren müssen. Doch ist diese Bahn nicht ganz zirkelrund; sie ist in geringem Grade exzentrisch und länglich, sie ist elliptisch. Da aber diese Welt-Körper sich in ihrer Bahn zugleich fortwährend um ihre eigene Achse drehen und auch unter sich einen gegenseitigen Einfluß üben, so muß sich auch ihre angenommene Kugel-Gestalt selbst etwas modifiziren, je nach der Raschheit dieser Drehung und der Größe jener Einflüsse. Die Kugel-Gestalt ist daher nur eine Grundform, welche verschiedener Abänderungen fähig ist, die wir mit dem Namen der abgeleiteten Formen belegen und mit jenen unter dem gemeinsamen Namen Sphäroide zusammenfassen.

Die um ihre Achse rotirende Erde strebt nämlich vermöge ihrer Schwung-Kraft ihre Theile von sich zu schleudern, wie eine geschwungene Schleuder den in ihr liegenden Stein, wenn nicht ihre stärkere Anziehungs-Kraft solche zusammenhielte. Aber während diese mit der Annäherung gegen den inneren Schwerpunkt zunimmt, wächst jene von innen nach außen, indem die Schwung-Kraft um so stärker

wird, je größer die Schnelligkeit, d. h. je größer der Kreis ist, welchen verschiedene Bestandtheile der Erde während eines Umschwunges derselben beschreiben müssen. Ein Kreis im Innern oder ein Kreis nächst den Polen der Erd-Achse ist aber viel kleiner, die Schleuder-Kraft ist dort viel schwächer, als an der Oberfläche unter dem Äquator, dem größten aller Kreise, die um die Achse gehen. Dort muß die Zug- oder Zentripetal-Kraft mithin um den ganzen Betrag der Schwungkraft, Zentrifugal-Kraft oder richtiger Axifugal-Kraft (da ihre Richtung nicht vom Mittelpunkte aus nach allen Seiten, sondern senkrecht von der Achse ausgeht) vermindert werden. Die Zentripetal-Kraft muß daher dort viel schwächer sein, als in der Nähe der Pole, weil hier die Axifugal-Kraft nicht nur an sich viel geringer, sondern auch schief- und zuletzt ganz recht-winkelig zur ersten ist, mithin ihr gar nicht mehr entgegenwirken kann. Die einfache Folge davon ist, daß die Oberfläche der Erde sich in der Nähe des Äquators mehr von dem Mittelpunkte entfernen, nächst den Polen aber sich ihm mehr nähern muß, um das Gleichgewicht zwischen der Anziehungs-Stärke der Theile herzustellen. Es seien (Fig. 1) der Kreis AeBf die regelmäßige Kugel, die Radien AC, eC, lC, bC, DC, BC, fC die Zugs-Richtungen der Zentripetal-Kraft; AB die Achse, um welche sich die Kugel schwingt, so werden die Linien Ce, su, gl, pb nach oben, und pc, Cf, u. s. w. nach unten die Richtungen angeben, in welchen sich die Erd-Theile von der Achse zu entfernen streben. Da nun bei eulb die Anziehungs-Kraft durch die Schwung-Kraft um den Betrag eg, uv, lm geschwächt wird, bei BDb aber ungeschwächt in der Richtung BC, DC wirkt, so wird sich die Erd-Masse dort um den Betrag gb über eb erheben, hier um den Betrag Bb gegen kb senken, und somit eine an beiden Polen A und B abgeplattete Kugel, ein Revolutions-Sphäroid, entstehen.

Fig. 1.

Dieselbe Erscheinung muß auch am Monde vorkommen, aber in einem ungleich schwächeren Grade, da er bei kleinerem Durchmesser

sich nicht binnen 24 Stunden, sondern nur binnen einer Umdrehung um die Erde (einem Monate) einmal um seine Achse dreht, so daß der Erde immer die nämliche Seite desselben zugewendet bleibt. Diese allein wird daher beständig von der Erde angezogen und muß sich in dessen Folge stärker als die übrigen Seiten über die regelmäßige Kugel-Fläche des Ganzen erheben, so daß im Profile gesehen der Mond auf der Erd-Seite etwa das Ansehen ihk darböte, wenn Dieß die der Erde zugekehrte Seite des Mondes wäre. Dieß wäre also eine andre abgeleitete Form, eine noch zusammengesetztere Art von Sphäroiden, doch ebenfalls unter Mitwirkung der Attraktion entstanden.

Besitzt ein Planet mehre Trabanten, so müssen deren Modifikationen noch zusammengesetzter werden, wie denn endlich bei den Kometen noch andre Verhältnisse ins Spiel kommen.

Bei Welt-Körpern, in welchen sämmtliche Bestandtheile eine starre Beschaffenheit angenommen, wie beim Monde, welcher keine Atmosphäre besitzt, würde jede spätere Bewegung und Veränderung der Form fast unmöglich sein. Bei anderen dauert solche, wenn auch nur in sehr unbedeutendem Grade fort. In Folge der fortdauernden Abkühlung und Zusammenziehung der Rinde drückt sie auf das noch heiß-flüssiger Erd-Innere, welches demnach der Rinde widerstrebt, sie sprengt und von Zeit zu Zeit einen Theil des noch flüssigen Inhaltes zwischen den schon erstarrten Schichten empor, vielleicht selbst bis an die Oberfläche herauf treibt, um ihn in Strömen über diese zu ergießen. Durch diesen Andrang des Flüssigen nach den schwächsten Stellen der darauf ruhenden Rinde entstehen Hebungen mit dazwischen liegenden Vertiefungen, Hochländer und Gebirge mit dazwischen gelegenen Meeres-Becken. Ein Theil des in den Vertiefungen angesammelten Wassers verwandelt sich unter Einfluß innerer und äußerer Wärme fortwährend in Dampf, welcher leichter als der untere Theil der Atmosphäre und unter Mitwirkung der Kapillar-Attraktion der letzten in ihr aufsteigt, nach kühleren Regionen entführt sich wieder niederschlägt, Regen, Quellen und Flüsse bildet, welche die emporragenden Gesteine allmählich zerstören, nach der Tiefe führen und in Form neuer Schichten dort absetzen, — theils aber auch in das Innere der Erd-Schichten eindringen, sich erhitzen, Bestandtheile der letzten auflösen, an die Oberfläche bringen und dort erkaltend wieder absetzen. Dieß sind die kleinen Veränderungen, welchen die Oberfläche des Rotations-Sphäroids unserer Erde noch fortwäh-

rend unterliegt, ohne daß ihre Sphäroid=Form im Ganzen dabei weiter modifizirt würde.

B. Die Mineralien.

Wenden wir uns zur zweiten der oben angeführten Natur=Kräfte, zur Affinität oder Wahlverwandtschaft, welche heterogene Materien in binärer Verbindungs=Weise zu homogenen vereinigt und zu dem Ende oft wieder homogene in heterogene scheidet. Diese innige Vereinigung setzt den flüssigen Zustand wenigstens eines der zu verbindenden Körper voraus. Der durch diese Verbindung entstandene Körper kann sich zum Individuum gestalten, wenn er durch Ausscheidung aus dem ihn flüssig erhaltenden Medium (Wärme, Wasser u. dgl.) nicht zu rasch in den starren Zustand übergeführt wird. Die Gestalten dieser Individuen, unter dem Namen Krystalle bekannt, sind zwar manchfaltig, aber alle darin übereinstimmend, daß sie stereometrisch genau von ebenen Flächen, von geraden Kanten und dazwischen gelegenen Ecken umgrenzt werden, so daß die verschiedenen Punkte ihrer Oberfläche (ganz abweichend von den durch Attraktion gebildeten Kugeln) in sehr ungleichen Entfernungen von ihrem Mittelpunkte liegen. Die Flächen, die Kanten, die Ecken können an einem Krystall je unter sich von gleicher oder von zweierlei und selbst dreierlei Art sein; aber, mit nur wenigen ebenfalls bestimmten Regeln unterliegenden Ausnahmen, sind je zwei einander diametral gegenüberliegende Ecken, Kanten und Flächen wieder gleich in Form und Zusammensetzung und die Flächen und Kanten zu einander parallel. Solche Körper werden Prismen genannt, und da sie nicht nur sehr manchfaltig sind, sondern auch noch weitere Modifikationen vorkommen, welche nicht mehr ganz deren Charakter tragen, so fassen wir sie unter dem Namen Prismoide zusammen. Das Wachsthum dieser Prismoide geschieht also durch Juxtaposition in Stoff und Form homogener Theile nach gewissen Gesetzen von außen her, so daß das wachsende Individuum in allen Größen und in allen Theilen dieselbe Form und Zusammensetzung besitzt: Charaktere, die schon für sich allein genügen, das Prismoid vom kosmischen Sphäroid so wie vom pflanzlichen Ovoid und vom thierischen Sphenoid zu unterscheiden. Ein solches Prismoid ist z. B. der Würfel (Fig. 2.), der von 6 gleichen und paarweise parallelen Quadrat=Flächen, von 12 gleichen und vierweise parallelen Kanten und von 8 rechtwinkeligen dreikantigen Ecken begrenzt wird.

Denkt man sich vom Mittelpunkte einer jeden Fläche nach dem der gegenüberliegenden eine durch den Mittelpunkt des Körpers gehende Achse, so erhält man drei gleiche (gleich lange) und unter rechtem Winkel sich schneidende Achsen, deren jede auch zwei gleiche Pole hat, in sofern die einem jeden der 2 Pole entsprechenden Flächen

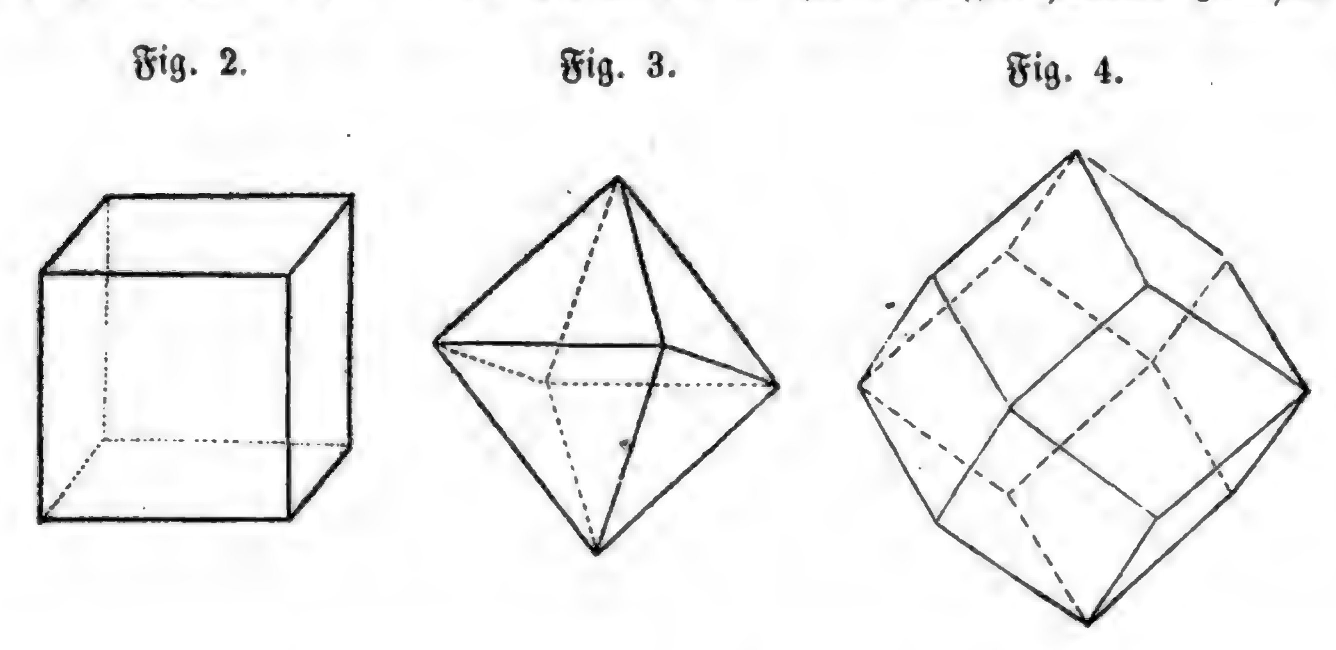
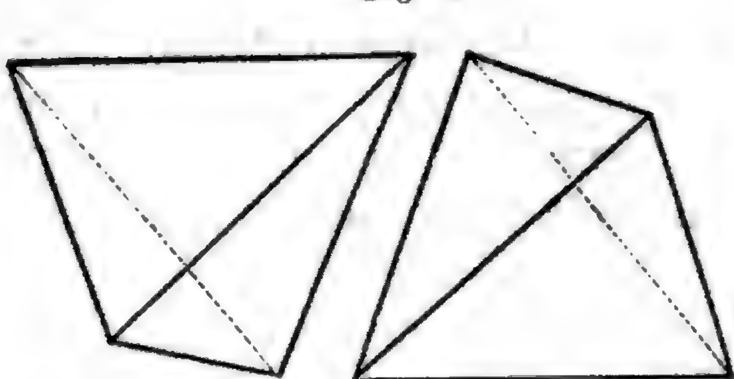


Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

einander gleich und parallel sind. Ein solcher Körper ist ferner das regelmäßige Oktaeder (Fig. 3.), von 8 dreieckigen Flächen, 12 Kanten und 6 vierkantigen Ecken begrenzt; man denkt sich darin drei gleiche und gleichpolige Achsen, deren beiden Pole jedesmal in zwei einander gleiche sich diagonal gegenüberstehende Ecken ausgehen. Ein solcher Körper ist ferner das Rautendodekaeder (Fig. 4.), von 12 gleichen Rauten-Flächen, 24 gleichen Kanten und 14 Ecken begrenzt, unter welchen 8 stumpf und dreikantig, 6 spitz und vierkantig sind, in welchen die Pole der drei gleichen und gleichpoligen Achsen liegen. Diese 3 Körper bilden mit noch einigen andern zusammen die Formen des Tesseral- oder Würfel-Systems, welche alle einzeln aufzuzählen für unsere Absicht nicht erforderlich ist; sie können in jedem krystallographischen Werke nachgesehen werden. — Denkt man sich aber im Oktaeder z. B. von den acht Flächen abwechselnd eine sehr groß und eine bis zum Verschwinden verkleinert, so entsteht ein von nur vier dreieckigen Flächen, 6 Kanten und 4 dreikantigen Ecken begrenzter Körper, woran sich keine 2 Flächen, Kanten und Ecken mehr diametral gegenüber stehen und keine gleichpoligen drei Achsen mehr denkbar sind: das Tetraeder (s. folg. S., Fig. 5, von 2 Seiten). Man nennt solche (mitunter auch sehr komplizirte) Formen hemiedrische, als hälftige Modifikationen der bisher angeführten holoedrischen. Es kommen aber auch noch andere hemiedrische Formen

Fig. 5.



(das Pentagon-Dodekaeder u. s. w.) vor, die sich ähnlich zu anderen holoedrischen Formen des Tesseral-Systems verhalten und auch sämmtlich demselben noch beigezählt werden.

Ist eine von den drei rechtwinkelig sich kreuzenden Achsen ungleich, länger oder kürzer als die 2 anderen, so müssen auch die ihr entsprechenden Flächen, Kanten und Ecken einen von dem der andern abweichenden Werth, wo nicht selbst eine abweichende Form, erlangen. Statt des Würfels erhalten wir eine quadratische Säule (Fig. 6.), statt des regelmäßigen ein quadratisches Oktaeder (d. i. Oktaeder mit quadratischer wagrechter Durchschnitts-Fläche, während jede andere durch 4 Ecken gelegte Fläche rautenförmig wird: Fig. 7.) u. s. w. Diese bilden

Fig. 6.

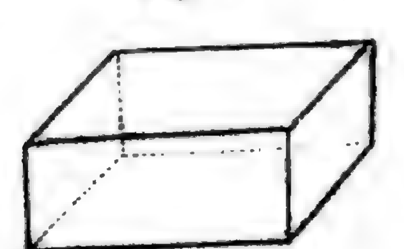
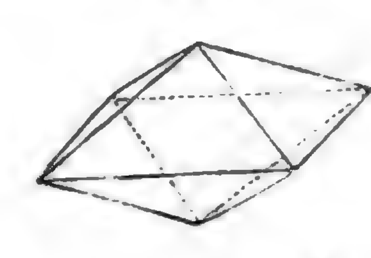


Fig. 7.



mit einander das Tetragonal-System. Das Längen-Verhältniß der senkrechten und Queer-Achsen zu einander ist in verschiedenen Mineral-Arten verschieden, wie Dieß auch in den folgenden Systemen der Fall ist, wo mitunter dreierlei Achsen vorkommen. In den Krystall-Formen mit schief gegen einander geneigten Flächen wechselt auch dieser Neigungs-Winkel.

Fig. 8.

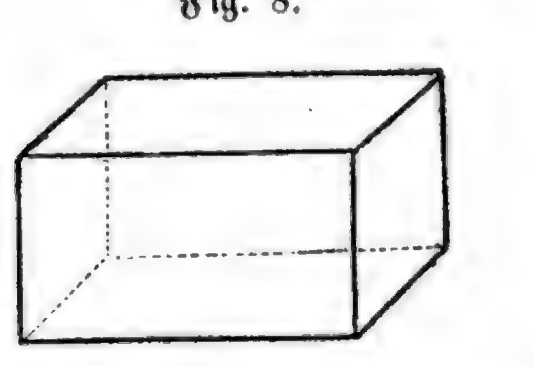
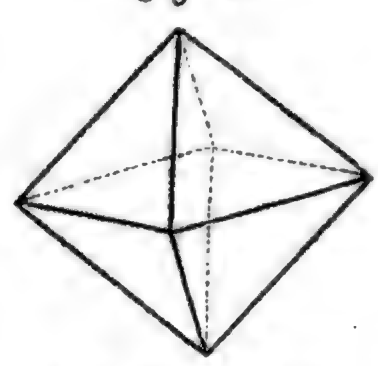


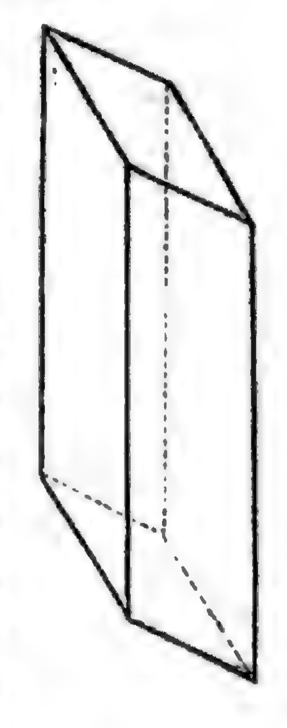
Fig. 9.



Sind alle drei Achsen ungleich, so wird der Würfel zur rektangulären Säule (Säule mit rektangulärer Durchschnitts- oder Grundfläche: Fig. 8.), das regelmäßige wird zum rhombischen Oktaeder (Fig. 9.),

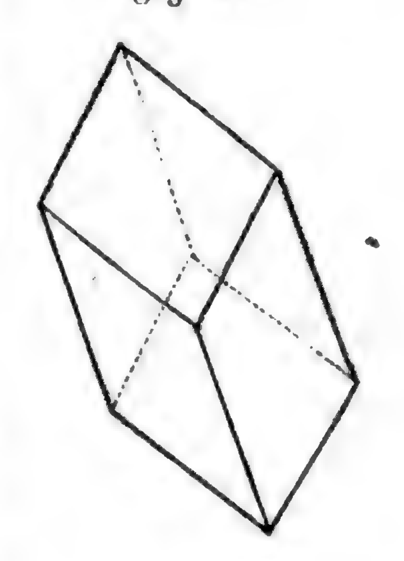
und diese Formen bilden zusammen das Rhombische System, denn die rektanguläre Säule geht in die rhombische über, wenn man ihre vier senkrechten Kanten durch 4 Flächen bis zum Verschwinden der anfänglichen 4 senkrechten Flächen ersetzt denkt. Ebenso kann ein rektanguläres Oktaeder ein rhombisches Oktaeder werden, wie sich unten weiter ergeben wird.

Fig. 10.



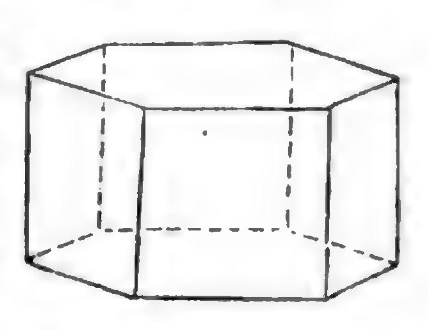
Im Klinorhombischen Systeme sind die drei Achsen ebenfalls ungleich, aber zwei derselben kreuzen sich unter schiefem, die dritte schneidet sie unter rechtem Winkel, und so stehen dann auch die sechs Flächen-Paare gegeneinander, von welchen zwei rhombische End-Fächen und vier rhomboidische Seiten-Fächen sind. Statt der vorhin erwähnten geraden rektangulären oder rhombischen haben wir eine auf eine rektanguläre (Fig. 10.) oder eine rhombische Grund-Fläche geneigte Säule.

Fig. 11.



Das Klinorhomboidische System zeigt drei ungleiche Achsen, die alle drei unter ungleichen Winkeln gegeneinander geneigt sind. Es wird durch die schiefe rhomboidische Säule vertreten, deren sechs Flächen rhomboidisch sind und drei ungleiche Paare bilden (Fig. 11.).

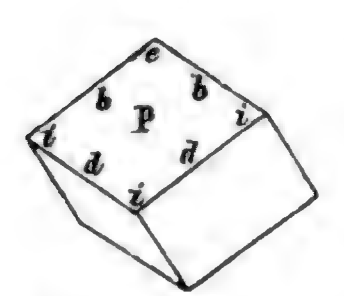
Fig. 12.



Endlich giebt es ein Hexagonal-System, welches durch eine senkrechte und durch drei wagrechte unter Winkeln von 60° sich kreuzende (also im Ganzen vier) Achsen bestimmt wird. Der einfache Typus derselben ist die gerade sechsseitige Säule (Fig. 12.); auch das Hexagonal-Dodekaeder (zwei mit ihrer Grundfläche aufeinander stoßende sechsseitige Pyramiden) gehört dazu. An diese schließt sich wieder eine hemiedrische Form, das Rhomboeder an, von sechs Rauten-Flächen, 12 Kanten und 8 Ecken begrenzt, dessen 2 von den übrigen abweichenden Ecken unten und oben stehend als Scheitel gedacht werden. — Obwohl dieses System eine Achse mehr als die übrigen zählt und in sofern zusammengesetzter ist, so hat es doch mehre Eigenschaften

mit dem Tetragonal-Systeme gemein und steht in mancher Hinsicht durch Einfachheit dem Tesseral-Systeme näher, als die drei anderen Systeme, — dadurch nämlich, daß die Queer-Achsen unter sich gleich sind, daß sie zur vertikalen Achse rechtwinkelig stehen, und daß der Winkel, unter welchem sie selbst sich einander kreuzen (= 60°), unveränderlich ist. Außer im tesseralen Systeme scheinen auch nur hier noch hemiedrische Mineral-Bildungen vorzukommen, unter welchen das Rhomboeder (Fig. 13.), sehr verbreitet und oft so wenig verschoben ist, daß es schwer wird, es vom wirklichen Würfel zu unterscheiden. Wir werden deshalb später dieses System sogleich hinter dem tesseralen oder dem quadratischen einschalten; ja, dürfte man das zum Hexagonal-System gehörige und so oft vorkommende Rhomboeder auf eine seiner Flächen legen, statt es auf die Spitze zu stellen, und seine Achsen von der Mitte einer Fläche zur andern ziehen, so wäre ein stumpfes Rhomboeder, dessen Seiten nahezu unter 90° zu einander geneigt sind (Kalkspath-Rhomboeder z. B.), die dem Würfel ähnlichste Form, welcher seinerseits, auf eine Ecke gestellt, die Grenz-Form zwischen spitzem und stumpfem Rhomboeder bildet.

Fig. 13.



Formen-Systeme der Krystalle giebt es also 6 und Grund-Formen im Ganzen 16. Jede Mineral-Art, welche sich individuell ausbildet, krystallisirt in einer dieser Grund-Formen. Jedoch sind dieselben bei jeder Mineral-Art gewisser Abänderungen fähig, wodurch die Formen zusammengesetzter werden und die zu einem Systeme zusammengehörigen endlich alle eine in die andere übergehen können. Aber die Prismen, die Oktaeder und Rhomboeder der fünf letzten Systeme zeigen bei jeder Mineral-Art ein anderes Längen-Verhältniß zwischen zweien oder dreien ihrer Achsen und dem entsprechend auch andre Neigungs-Winkel der Flächen zu eineinander (die rechten Winkel ausgenommen), welche auch in jeder Art konstant bleiben. Diese erwähnten Abänderungen werden dadurch bewirkt, daß die Kanten und Ecken der Grund-Gestalten theilweise oder alle durch eine oder durch mehre Flächen von verschiedener Neigung in der Weise ersetzt werden, daß die alten oder Primitiv-Flächen entweder verändert noch zwischen ihnen übrig bleiben, oder ebenfalls gänzlich verschwinden, wie die nachfolgenden Figuren erläutern werden. Diese Gestalten heißen dann abgeleitete Formen. Es gibt deren im Ganzen einige Hunderte. Sie würden

zahllos sein, wenn nicht gewisse Gesetze die Art dieser Ableitungen im Ganzen regelten und ihre Zahl bestimmten, nämlich das Symmetrie- und das Polaritäts-Gesetz.

A. Das Symmetrie-Gesetz verlangt, daß

a) alle gleichartigen Theile einer Krystall-Form, wenn Veränderungen bezeichneter Art eintreten, auch gleiche Veränderungen erleiden, so daß, wenn eine Kante oder Ecke des Würfels durch eine Fläche ersetzt wird, alle Kanten oder alle Ecken desselben durch eine Fläche von gleicher Beschaffenheit ersetzt werden müssen (vgl. Fig. 14), weil am Würfel alle Kanten und alle Ecken unter sich gleich sind. An der quadratischen Säule sind ebenfalls alle Ecken gleich, aber die 4 senkrechten Kanten von den 8 wagrechten verschieden; diese können also allein oder in anderer Art modifizirt werden, als jene. Bei der rektangulären Säule sind zwei Paar wagrechter von zwei andern Paaren wagrechter und zwei Paaren senkrechter Kanten verschieden; es sind also dreierlei Modifikationen der dreierlei Kanten-Paare möglich. Würfel, Quadrat-Säule und Rektangulär-Säule haben nur einerlei Ecken, während am Quadrat-Oktaeder das obere und untere Eck von den vier im Umfang liegenden gleich verschieden sind und am rhombischen Oktaeder auch diese letzten noch in zwei stumpfe und zwei spitze zerfallen. Am ersten müssen also gleiche Modifikationen alle Ecken treffen, am zweiten können zweierlei, am dritten dreierlei Modifikationen erfolgen. In ähnlicher Weise findet das Gesetz seine Anwendung bei allen übrigen Krystall-Formen.

b) Treten eine oder mehre Flächen an die Stelle einer Kante oder einer Ecke, so können im letzten Falle die Flächen von der Ecke aus, gegen die in ihr zusammentreffenden Grundflächen oder aber zwischen diesen gegen die Kanten liegen. Das Symmetrie-Gesetz verlangt nun ferner, daß da, wo nur eine sekundäre Fläche auftritt, sie im Verhältniß der Länge der verschiedenen zu der Kante oder Ecke zusammentreffenden Primitiv-Flächen oder -Kanten stärker oder schwächer gegen jede derselben geneigt sein. Im Würfel, wo alle Flächen und Kanten unter sich gleich sind, würde mithin eine neue Entkantungs-Fläche gleichmäßig gegen die 2 in der bisherigen Würfel-Kante zusammenstoßenden Grund-Flächen, eine neue Enteckungs-Fläche gleichmäßig gegen die drei in dessen Ecke zusammenstoßenden Grund-Flächen oder -Kanten geneigt sein müssen. Wenn dagegen an

einer Quadrat-Säule die vier Seiten-Flächen oder -Kanten doppelt so lang als jede der 2 End-Flächen wären, so müßten die neu auftretenden Entkantungs-Flächen der Randkanten auch doppelt so stark gegen die Seiten- als die End-Fläche geneigt sein. Und so dann verhältnißmäßig bei allen übrigen Krystall-Formen.

c) Es kann aber auch dem Symmetrie-Gesetze dadurch Genüge geschehen, daß, wenn eine Entkantungs- oder Enteckungs-Fläche beim Würfel stärker gegen eine Seite oder eine Kante als gegen die andere ihr gleiche geneigt wäre, zugleich mit ihr auf der Kante eine zweite Entkantungs-, auf der Ecke eine zweite und dritte Enteckungs-Fläche erschiene, welche nun gegen die übrigen Seiten der Kante und die übrigen Seiten oder Kanten der Ecke genau in demselben Grade geneigt ist, wie die erste gegen die erste. Dieses Gesetz nun, vom Würfel auf die verschiedenartigen Kanten und Ecken der Quadrat-Säule, der Rektangulär-Säule, der sechsseitigen Säule u. s. w. übertragen, wird dort auf ähnlich modifizirte Weise Anwendung finden, wie Dieß schon unter b für ein anderes Gesetz angedeutet worden ist.

d) Es kann endlich auch die Modification b mit c in Verbindung auftreten, wo denn auf einer Kante wenigstens 3 Entkantungs-, und auf einer drei- bis vier-kantigen Ecke wenigstens 4—5 Enteckungs-Flächen erscheinen müssen. Es können aber ferner beim Würfel z. B. auch zwei, drei und mehr schiefe Paare von Entkantungs-Flächen mit verschiedenen Graden der Neigung auf jeder ursprünglichen Kante zusammentreffen, und eben so auf jeder Ecke desselben zwei bis drei Enteckungs-Flächen in der Richtung einer jeden der in dieser Ecke zusammenlaufenden Primitiv-Kanten auftreten, wo dann jede Ecke durch 6, 7, 9, 10, 12, 13 u. s. w. abgeleitete Flächen ersetzt würde. — Noch komplizirter werden die Formen, wenn die Ecken und Kanten von je zweierlei oder dreierlei Art sind, wie das in den übrigen Krystall-Systemen der Fall ist.

e) Indessen bemerkt man doch, daß zuweilen eine oder die andere dieser abgeleiteten Flächen nur so fein angedeutet ist, daß sie erst unter der Lupe sichtbar wird, und so mag es dann auch mitunter vorkommen, daß bei sehr komplizirten Modifikationen und ohnedies sehr kleinen Flächen eine oder die andere vom Symmetrie-Gesetze geforderte kleine Fläche ausnahmsweise fehlt, die vielleicht bei längerem Wachsthum des Krystalls sich auch noch ausgebildet haben würde.

Dagegen hat Lavalle wahrgenommen, daß, wenn man einem in Bildung begriffenen kleinen Oktaeder eine Kante wegschneidet und so eine künstliche Fläche bildet, eine ähnliche Fläche an der Stelle der [? diametral] entgegengesetzten Kante entsteht, während alle übrigen scharf bleiben.

B. Das Polaritäts-Gesetz steht mit dem vorigen in sofern im Widerspruche, als es die diagonal oder diametral an beiden gleichen Polen jeder Körper- oder Flächen-Achse sich gegenüberliegenden gleichnamigen Theile (Kanten, Körper-Ecken, Flächen-Ecken) auf verschiedene Weise modifizirt. Indem hiebei je eine von zwei Polar-Flächen, -Kanten oder -Ecken gänzlich verschwindet, während die andere erhalten bleibt, entstehen die oben erwähnten hemiedrischen Formen des Tesseral- und Hexagonal-Systems, meist eben sowohl als abgeleitete wie als Grund-Formen. Die Verletzung des Symmetrie-Gesetzes durch das Polaritäts-Gesetz wird indessen bis zu gewissem Grade dadurch wieder ausgeglichen, daß die von der Modifikation verschonten Kanten oder Ecken weder regellos zerstreut, noch alle nach einer Richtung gekehrt liegen, sondern sie entsprechen alternirenden Polen der verschiedenen Achsen und alterniren auch an der Oberfläche des Krystalles regelmäßig mit jenen, welche von der Modifikation betroffen worden sind (vgl. das Tetraeder S. 10 Fig. 5.). Davon ist endlich der noch seltenere

C. Hemimorphismus zu unterscheiden, wo die an beiden Polen nur der aufrechten oder Haupt-Achse allein anliegenden Flächen, Kanten und Ecken auf eine wirklich verschiedene Weise modifizirt werden. Die meisten solcher hemimorphen Krystalle sind polar-elektrisch, zeigen also noch jetzt eine entgegengesetzte Elektrizität an beiden Enden oder Polen, so daß man schon an der Art der Modifikation den positiven vom negativen Pole unterscheiden kann. Jedenfalls dürfte, wenn sich diese Elektrizität nicht mehr an allen Krystallen solcher Art nachweisen lassen sollte, diese doch jedenfalls bei ihrer Bildung in lebhafter Weise betheiligt gewesen sein. Der Turmalin bietet die bekanntesten Beispiele des Hemimorphismus.

Es ist der Einfachheit wegen bisher gewöhnlich nur angenommen worden, daß die „sekundären" oder abgeleiteten Flächen, welche an der Stelle „primitiver" Kanten oder Ecken auftreten, verhältnißmäßig nur klein seien, so daß sie die „primitiven Flächen" nur theilweise verdrängen. In Wirklichkeit aber hat ihre Ausdehnung keine Grenzen. Die neu auftretenden Flächen können die Grund-

Flächen alle oder zum Theil gänzlich verdrängen, indem sie von zwei Seiten her bis „zur Schärfung" oder von 3—4 Seiten her bis „zur Spitzung über denselben" zusammenlaufen. Dann erscheinen diese Formen wieder einfacher, als wenn die Grund-Flächen mit den abgeleiteten Flächen noch zusammen vorkommen, und jede Grund-Form kann auf diesem Wege in jede andre Grund-Form desselben Krystall-Systemes übergehen. Ein Würfel hat 8 gleiche Ecken und 12 gleiche Kanten. Wird er enteckt bis zum Verschwinden der Grundflächen, so muß eine Form mit 8 gleichen Flächen, ein regelmäßiges Oktaeder (Fig. 14.) entstehen, und wird es, entkantet bis zum Verschwinden der Grund-Flächen, eine Form mit 12 gleichen Flächen, ein regelmäßiges Rauten-Dodekaeder (Fig. 15.) zum Vorschein bringen. Jenes hat 6 gleiche Ecken und 12 gleiche Kanten, daher es durch Enteckung wieder zum Würfel (Fig. 16.), und

Fig. 14.

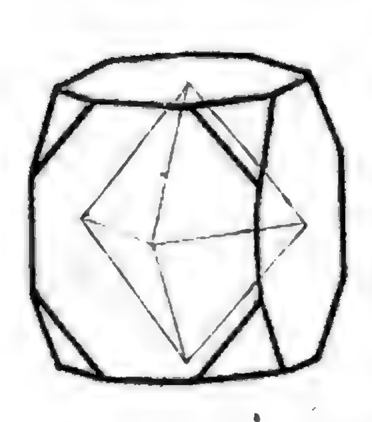


Fig. 15.

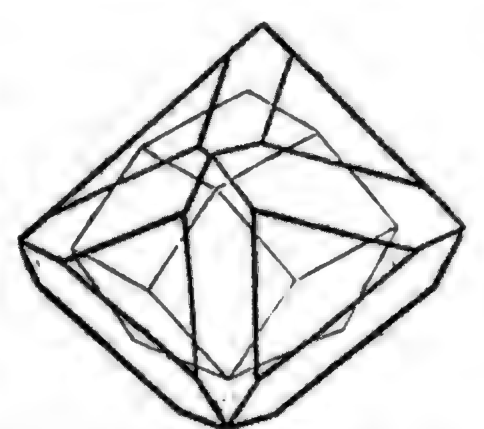
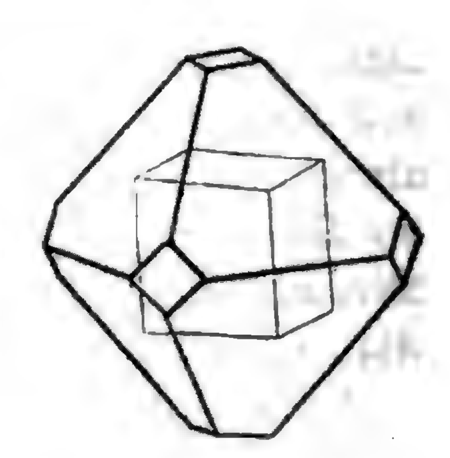
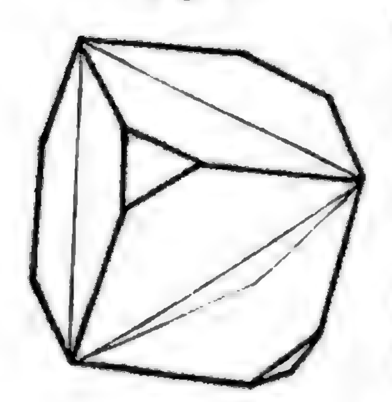


Fig. 16.



durch Entkantung ebenfalls zum Rauten-Dodekaeder werden kann. In der schon oben angedeuteten Weise geht der Würfel durch Hemiedrie ins Tetraeder über, wovon Fig. 17. den Anfang, Fig. 5. die Vollendung zeigt. Ist die Entkantung des Würfels eine doppelte, gegen beide in eine Kante zusammenstoßende Flächen gleich geneigte bis zur Spitzung über den 6 Würfel-Flächen, so entstehen $4 \times 6 = 24$ dreieckige gleiche Flächen über den Würfel, er wird zum Tetrakis-Hexaeder. Ist die des Oktaeders eine doppelte, bis zur Spitzung über den acht Oktaeder-Flächen, so entstehen $3 \times 8 = 24$ ebenfalls gleiche und dreieckige Flächen, das Oktaeder wird zum Triakis-Oktaeder. Auf dieselbe Weise kann durch Entrandkantung aus der Quadrat-Säule, wo die senkrechte Achse von den Grund-

Fig. 17.

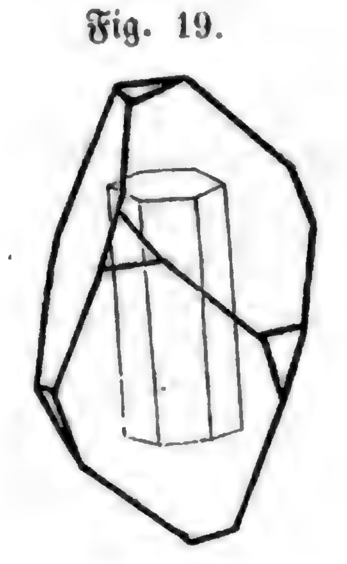


Achsen verschieden ist, das Quadrat-Oktaeder, und durch Enteckung dieses letzten wieder die Quadrat-Säule werden. Das Rhomben-Oktaeder geht durch Enteckung in die Rektangulär-Säule und diese wieder durch Enteckung ins Rhomben-Oktaeder über. Die sechsseitige Säule kann durch Entrandkantung oder Enteckung zur Schärfung über den Seiten- und zur Spitzung über den End-Flächen zum Bipyramidal- oder Heragonal-Dodekaeder werden und dieses durch Enteckung, oder durch Entscheitelung und Entrandkantung ins vorige übergehen (Fig. 18.). Durch Hemiedrie aber entsteht aus der sechsseitigen Säule statt des Heragonal-Dodekaeders das Rhomboeder (Fig. 19.). Ähnliche Formen-Übergänge kommen denn auch zwischen den Grund-Gestalten der noch übrigen Systeme vor; doch mögen die angeführten Beispiele zur Erläuterung des Gesetzes, die wir hier allein bezwecken, schon genügen. Fast nie aber kommen sie zwischen den Grund-Formen von zwei verschiedenen Systemen vor, obwohl diese mitunter so nahe aneinander grenzen, daß die Unterschiede in der Proportion der Achsen oder der Neigung der Flächen gegeneinander sehr klein werden, einige wenige Fälle ausgenommen bei ganz eigenthümlichen Verhältnissen der Achsen-Längen gegeneinander. Oft kommt es nur auf die Stellung des zu untersuchenden Krystalles an, ob man diese oder jene Grund-Form und gar dieses oder jenes Krystall-System in ihm erkenne. Es hängt Dieß hauptsächlich von der richtigen Orientirung nach seiner Haupt-Achse ab. Sind die drei Achsen einander gleich, wie im Tesseral-System, so gibt es keine Haupt-Achse. Sind zwei Achsen unter sich gleich und die dritte ungleich, so wird sie als Haupt-Achse angenommen, gleichviel ob sie länger oder kürzer als die andern ist. Sind alle drei Achsen verschieden, so sieht man gewöhnlich die längste als die Haupt-Achse an.

Fig. 18.



Fig. 19.



Der äußeren Form entspricht die innere Tertur oft in soferne, als Blätter-Durchgänge zu entdecken sind, welche den wirklich vorhandenen oder möglichen äußeren Flächen parallel gehen. Wenn daher die äußere Gestalt einer Mineral-Art so zwischen den verschiedenen For-

men eines Krystall-Systems schwankt, daß die Wahl zweifelhaft wird, so betrachtet man diejenige Form als ihre Grund-Form, mit welcher die deutlichsten Blätter-Durchgänge im Innern parallel sind; außerdem jene, worauf sich die meisten ihrer vorkommenden abgeleiteten Gestalten am ungezwungensten zurückführen lassen; endlich jene, die am häufigsten auftritt.

Da sich alle Mineral-Arten (nebst den krystallisirbaren organischen Verbindungen) auf die oben beschriebenen 16 Grund-Formen und 6 Systeme zurückführen lassen, so ist klar, daß sich eine mehr und weniger große Zahl von Arten an jeder Form betheiligen müsse; und da alle Formen eines jeden der 6 Systeme in einander übergehen können, so wird die Formen-Verwandtschaft trotz aller äußeren Manchfaltigkeit noch größer. Eine wesentliche Manchfaltigkeit und größere Verschiedenheit tritt jedoch dadurch hervor, daß die Achsen- und Winkel-Verhältnisse der Grund-Formen des tetragonalen, rhombischen, klinorhombischen, klinorhomboidischen und hexagonalen Systemes bei jeder Art eben so konstant, wenn auch oft nur wenig, verschieden sind und eben so wenig in einander übergehen, als die Formen der verschiedenen Systeme selbst. Ein rhombisches Prisma oder Oktaeder, dessen drei Achsen sich wie 5: 4: 3 verhalten, kann nicht in ein anderes rhombisches Prisma oder Oktaeder mit dem Verhältnisse = 6: 5: 4 übergehen.

Es ist in naturhistorischer Hinsicht von Interesse zu untersuchen, ob und welche von den oben beschriebenen Formen und Formen-Systemen als höher und vollkommener den andern gegenüber angesehen werden können, und wir glauben wohl dazu einigen Anhalt zu finden. Einestheils steht das gleich-achsige Tesseral-System besonders mit seinen vielflächigen Tetrakis-Hexaeder- und Triakis-Oktaeder-Formen offenbar den Sphäroiden am nächsten und ist daher mit der am tiefsten stehenden einfachsten Körper-Form am verwandtesten. Anderntheils werden wir später, bei den organischen Formen, erfahren, daß stärkere Differenzirung anfangs gleichartig auftretender Theile ein Charakter höherer Fortbildung ist. Nun ist aber das klinorhombische und gar das klinorhomboidische Krystall-System in der ungleichen Länge von 2—3 Achsen und in der ungleichen Größe der Winkel, unter welchen sich diese 3 Achsen schneiden, am weitesten differenzirt. So könnte das Tesseral-System als der Anfang, das klinorhomboidische als das Ende in der aufsteigenden Formen-Reihe der Prismoide gelten.

Die Unterscheidung der Mineral-Arten beruht wesentlich auf ihrer chemischen Zusammensetzung und ihrer Krystall-Form, welche jene bis zu gewissem Grade deutlich ausdrückt, so daß sich ein ganzes natürliches Mineral-System auf diese 2 Merkmale gründen läßt, wie G. Rose*) gezeigt hat. Doch stellen sich anfangs in der von Mitscherlich entdeckten Isomorphie verschiedener und Polymorphie identischer chemischer Elementar-Stoffe selbst erhebliche Schwierigkeiten entgegen, über welche man sich verständigen muß. Man versteht unter isomorphen**) oder homöomorphen Stoffen nämlich solche, welche bei übrigens mehr oder weniger naher Familien-Ähnlichkeit in gleichem Systeme krystallisiren (wo die Krystall-Form bekannt ist) und sich mit dritten Körpern auch wieder zu einerlei Form verbinden. Dieß geschieht indessen gewöhnlich nur dann, wenn sie auch von gleicher atomistischer Konstitution sind, d. h. die einander entsprechenden Elemente in gleicher Atomen-Anzahl enthalten; außerdem ist die Isomorphie mehr als eine Zufälligkeit anzusehen. In solchem Falle sind einerseits die Arsenik- und die Phosphor-Säure, indem darin 2 Atome Arsenik oder Phosphor mit 5 Atomen Sauerstoff verbunden sind; andererseits unter den Basen Kalkerde und Blei-Oxyd, die aus je 1 Atom Calcium oder Blei und 1 Atom Sauerstoff bestehen. Jede der letzten vereinigt sich mit jeder der 2 ersten selbst wieder in gleicher Atomen-Anzahl mit gleicher Krystall-Form. Sind nun auch alle Winkel der Grund-Formen solcher 2 Körper gleich, so können sich die 2 Säuren sowohl als die 2 Basen in allen Proportionen gegenseitig ersetzen, ohne daß die Form der 2 Mineralien eine verschiedene werden kann. Sind die Achsen oder Winkel ungleich, so kann eine etwas stärkere Vertretung des einen Stoffs durch den andern unreinere oder wölbige Flächen und gestörte ungleiche oder selbst mittle Winkel zur Folge haben. Sind 4, 5, 6 Körper isomorph, so können sie alle sich gegenseitig in gleicher Weise ersetzen. So lange nun diese Ersetzung weder in bestimmten festen Proportionen stattfindet, noch eine feste Winkel-Veränderung zur Folge hat, genügt sie nicht, um aus einer Mineral-Art eine andere zu machen, woraus insbesondere dann Schwierigkeiten entstehen, wenn das Mineral ein einfaches ist und die Krystall-Form dem tesseralen Systeme angehört, in welchem alle Achsen des Wür-

*) Das krystallographisch-chemische Mineral-System. Leipzig, 1852. 8.

**) Mitscherlich in den Abhandlungen der Berliner Akademie, 1818—19, S. 427—437, und in Erdmanns Journal 1840, XIX., 449.

fels, des Oktaeders, des Rauten-Dodekaeders unter sich gleich sind. So bei Gold und Silber, bei Silber und Quecksilber, wo man doch zuletzt ein sehr Silber-reiches Quecksilber nicht mehr Silber nennen kann. Indessen, obwohl diese beiden Metalle sich thatsächlich in allen Proportionen mit einander verbinden und einander vertreten könnten, so kommen in der Natur doch nur zwei Verbindungen beider vor, auf welche sich so ziemlich alle ihre Vorkommnisse zurückführen lassen. Stehen die isomorphen Stoffe in der elektrischen Reihe weit auseinander, so wird schon eine geringere Menge des einen an der Stelle des andern genügen, um in den Eigenschaften des Minerals eine Änderung zu veranlassen, und die Vertretung wird überhaupt nur in untergeordneten Proportionen im Verhältniß zum ganzen Mineral-Gemische stattfinden dürfen. — Indessen ist noch zu bemerken, daß eine Reihe analoger Körper mit einem anderen isomorphe Verbindungen eingehen kann, während sie Dieß in Bezug auf einen dritten nur theilweise thut.

Eine Gruppe unter sich isomorpher Körper bilden nun z. B. die meisten Alkalien, Erden und einige Metall-Oxyde, als Kalkerde, Talkerde, Eisenoxydul, Manganoxydul, Zinkoxyd, Kupferoxyd, Kobaltoxyd und mitunter auch Kali, Natron u. a., in welchen 1 Mischungs-Gewicht (M.-G.) Sauerstoff $= O$ auf ein M.-G. Basis oder Radikal $= R$ nach der chemischen Formel RO oder $\dot{R}$ verbunden ist. Eine solche Gruppe bilden auch wieder Thonerde, Eisenoxyd, Manganoxyd und Chromoxyd, welche 3 M.-G. Sauerstoff auf 2 M.-G. Radikal nach der Formel $R^2 O^3$ oder $\dddot{\bar{R}}$ enthalten*). Die Verbindungen gleichzähliger Elemente einer jeden dieser Gruppen mit andern unter sich isomorphen Körpern werden gleiche Formen haben.

Aber auch Körper und Körper-Reihen von abweichender Zusammensetzung können damit isomorph sein, wenn sie dieselbe Grundform nur in den Winkeln verschieden oder, falls sie dem Tesseral-Systeme angehören, sogar in diesen übereinkommend besitzen. Als Beleg dafür mögen folgende 2 Reihen dienen, wovon die eine aus trocknen kohlensauren Erden und Alkalien, in welchen 1 M.-G. Basis auf 1 M.-G. Kohlensäure ($\dot{R}\ddot{C}$) enthalten ist, und die andere aus

---

*) Der Strich durch das R bedeutet ein doppeltes M.-G. des Radikals, und so auch bei andern Zeichen; die Zahl der über den Buchstaben stehenden Punkte und Kommata (S. 24) bezeichnet die der M.G., und zwar jene des Sauerstoffs und diese des Schwefels, die mit jedem von den Buchstaben bezeichneten Stoffe verbunden sind.

ebenfalls wasserfreien schwefelsauren Alkalien und Erden zusamengesetzt ist, die aus 1 M.-G. Basis und 1 M.-G. Schwefelsäure ($\dot{R}\dddot{S}$) bestehen, welche ihrerseits ein Atom Sauerstoff mehr als die schwächere Kohlensäure enthält, also nicht inehr analog zusammengesetzt mit jener Säure ist. Diese beiden Reihen krystallisiren im klinorhombischen System, und die Winkel ihrer beiderseitigen Krystalle sind nur wenig von einander verschieden, aber für jede Verbindung in beiden Reihen doch genügend, um die Isomorphie zur unvollständigen zu machen und alle Verbindungen als Arten zu unterscheiden. Dahin gehören folgende Arten:

1 M.-G. Basis verbunden mit		1 Kohlensäure, ($\dot{R}\ddot{C}$)		mit 1 Schwefelsäure ($\dot{R}\dddot{S}$)
Kali			=	Glaserit
Natron			=	Thenardit
Baryt	=	Witherit	=	Schwerspath
Baryt und Kalk	=	Alstonit		
Bleioxyd	=	Bleispath	=	Bleivitriol
Strontian	=	Strontianit	=	Cölestin
Kalkerde	=	Aragonit.	=	Karstenit

Andere isomorphe Reihen von jedoch weit komplizirterer Mischung der chemischen Elemente bilden die Feldspathe, die Stilbite, die Granate, die Glimmer und insbesondere die Arseniate und Phosphate.

Die andere Schwierigkeit für die Klassifikation verursacht der Polymorphismus*), das Vermögen ganz identischer Stoffe und Verbindungen nach mehrerlei Systemen zu krystallisiren. Viele kennt man bereits in zwei Systemen (dimorphe), andere wie die Titan-Säure sogar in dreien (trimorphe), und wahrscheinlich bleiben noch manche in solcher mehrfachen Krystall-Gestalt zu entdecken. Identische Verbindungen in verschiedenen Krystall-Systemen vorkommend werden bei der Klassifikation als eben so viele verschiedene Arten angesehen.

Dieses vorausgesendet, geben wir folgende zwei Übersichts-Tabellen, aus welchen sich einige allgemeine Regeln über das Verhältniß von Form und Mischung werden ziehen lassen. Die erste ist eine Zusammenstellung der einfachsten Mineral-Körper nach ihren Krystall-Systemen (wo jedoch das VI. ganz fehlt) und zugleich nach kleinen auf ihr analoges Verhalten gegründeten Verwandtschafts-Gruppen, welche durch Klammern mit einander verbunden werden.

---

*) Mitscherlich in Abhandlungen der Berliner Akademie der Wissenschaften 1822—23, S. 43—48.

Group labels printed sideways in the left margin: Metalle | Nicht-Metalle; Leichte Met. | Schwere Metalle | Halb-Zünder | Zünder; Alkalien. Erden | Basen-bildende | ? ? Säure-bildende

Urstoffe und Verbindungen der sich in der elektrischen Reihe zunächststehenden Urstoffe.	Krystall-Systeme. I. Tesseral	II. Hexagonal	III. Tetragonal	IV. Rhombisch	V. Klinorhombisch
+ 1 Wasserstoff					
2 Kalium	(?)				
3 Natrium	(?)				
16 Chrom	(†)				
18 Eisen	†				
19 Kobalt	†				
Arsenik-Kobalt	†				
20 Nickel	†				
21 Zink	(†	†)			
22 Cadmium	(?)				
23 Blei	(†)				
24 Wismuth		†			
25 Kupfer	†				
26 Quecksilber	(†)				
Arquerit	†				
Amalgam	†				
27 Silber	†				
Elektrum	†				
28 Palladium	†	†			
? Iridosmium		†			
? Osmiridium		†			
31 Iridium	†				
Platiniridium		†			
32 Platin	†				
33 Gold	†				
34 Zinn		(†	†)		
40 Titan	(†)				
41 Silicium	(†)				
42 Kohlenstoff *)	†				†
43 Boron	(?)				
? Antimon-Silber				†	
45 Antimon		†			
Antimonarsenik		†			
?{Arsenikglanz / Wismutharsenik}	†				
46 Arsenik	(†)	†			
47 Phosphor **)	(†)				
48 Tellur		†			
49 Selen					(†)
50 Schwefel				†	(†)
51 Jod				†	
— 55 Sauerstoff					
im Ganzen 39	27	11	1	3	3

*) 42] Als Diamant tesseral, als Graphit klinorhombisch (Nordenskiöld).

**) 47] Der Phosphor scheint nur als Rauten-Dodekaeder (S. 9, Fig. 4) bekannt

Die den Namen der einfachen Körper vorgesetzten Nummern drücken die Stelle aus, die sie in der von Delffs*) mitgetheilten elektrischen Reihe einnehmen, welche mit dem elektro-positivsten Körper unter Nr. 1 beginnt, und mit dem elektro-negativsten, dem Sauerstoff endigt. Die in Parenthese stehenden Namen deuten künstlich erlangte Krystallisationen an (vergl. S. 22).

In der zweiten Tabelle (S. 24—25) ist eine Übersicht des von G. Rose 1851 aufgestellten Mineral-Systemes gegeben, jedoch nur so, daß die in jede senkrechte Spalte eingeschriebenen Zahlen anzeigen, wie viele Mineral-Verbindungen verschiedener Art mit der in der Spalte angegebenen Krystall-Form bekannt sind. In der Klasse I. sind die Verbindungen verschiedener isomorpher Metalle noch als einfache Körper angesehen, doch als Arten unterschieden, wenn die beiderseitigen Mengen nicht bloße Verunreinigungen und wenn ihre Winkel konstant verschieden sind. Unter II. und III. bezeichnet R (wie oben) ein metallisches Radikal verschiedener Art, A aber den anderen mit diesem Radikale verbundenen Körper, nämlich As = Arsenik, Bi = Wismuth, Co = Cobalt, Ni = Nickel, S = Schwefel, Sb = Antimon, Se = Selen, Te = Tellur; $\dot{H}$ bedeutet Wasser.

Aus dieser Darstellung nun und mit Rücksicht auf manche aus Rose's Schrift und andern Quellen unmittelbar entnommene Einzelnheiten ergeben sich folgende allgemeinere Sätze über das Verhältniß von Mischung und Krystall-Form.

1) Man kennt die Krystall-Formen mehrer gerade der wichtigsten und anscheinend der formendsten von den in die Mineral-Bildungen eingehenden Grundstoffe noch nicht, weil sie rein nur in flüssigem oder unkrystallinischem Zustande vorzukommen pflegen; man kann also den Einfluß ihrer Urgestalt auf die Mineral-Form nicht beurtheilen, obwohl aus letzter oft auf jene mit Wahrscheinlichkeit nach der Analogie mit den nächst-verwandten Stoffen zurückschließen. Dem ungeachtet erkennt man bereits:

2) Ein durchgreifendes einfaches Verhältniß zwischen Mineral-Gemisch und Krystall-Form findet nicht statt.

---

zu sein. Da nun seine nächsten Verwandten (Antimon und Arsenik) vorzugsweise hexagonal sind und in Rhomboedern erscheinen, so könnte es sich noch fragen, ob ihre Krystall-Form nicht ebenfalls ein stumpfes Rhomboeder (S. 12, Fig. 13) seie, dessen 6 Randkanten d d durch Rautenflächen ersetzt wären, die nun mit den Resten der 6 Grundflächen P zusammen ein unregelmäßiges Rauten-Dodekaeder begrenzten?

*) Die reine Chemie in ihren Grundzügen. 3. Aufl. Erlangen. 8. I. 24.

Krystall-Systeme.

	I. Tesseral.	II. Hexagonal.	III. Tetragonal.	IV. Rhombisch.	V. Klinorhombisch.	VI. Klinorhomboidisch.	I—VI.
I. Einfache Körper. Metalle	11	11	(Zinn 1)	1		0	23
Metalloide	Diamant 1	0	0	(Jod) Schwefel } 2	(Schwefel) Selen Graphit } 3	0	6
II. Antimon-, Arsen-, Tellur-, Schwefel-, Selen-Verbindungen, ohne Sauerstoff.							
A. Binäre: mit As, S, Sb, Se, Te nach den Formeln: R A (A=S, Se, Te)	14	4	0	3	1	0	22
$R^2 A^3$ (A = S)	0	0	0	3	0	0	3
$R A^2$ (A=As, S, Sb, Te)	6	2	0	7	1	0	16
B. Doppelt-binäre: mit As, Bi, Co, Fe, Ni, S, Sb nach den Formeln: $R^{1-9} \overset{\cdots}{A}$ (A=As, Bi, Sb)	4	3	0	8	2	0	17
$R^{1-5} \ddot{A}$ (A=Fe, Ni, Co)	3	1	1	1	0	0	6
mit $\ddot{A}$ (Zinnkies)	1	0	0	0	0	0	1
mit $\overset{\cdots}{A}$ (Xanthokon)	0	1	0	0	0	0	1
III. Chlor-, Fluor-, Brom-, Jod-Verbindungen ohne Sauerstoff.							
A. Binäre nach R A (Quecksilberhornerz)	0	0	1	0	0	0	1
R A	7	1	0	1	0	0	9
B. Doppelt binäre: $R A^3$ (Kryolith, Chiolith)	0	0	2	0	0	0	2
I—III	47	23	4	26	7	0	107

IV. Sauerstoff-Verbindungen.							
A. Binäre: R^2O bis RO^2	4	6	3	7	0	0	20
RO^3 (Quarz)	0	1	0	0	0	0	1
B. Doppelt und mehrfach binäre:							
a) R^2O oder RO Oxyde und Oxyd-Hydrate mit Chlor und Schwefel	0	1	0	2	0	0	3
b) R^2O^3: Oxyde mit Schwefel-Verbindungen	0	0	0	0	1	0	1
trockne Aluminate	10	0	1	0	0	0	11
c) RO^2: Karbonate (mit und ohne Wasser) mit Chlor ꝛc.	0	14	1	12	8	0	35
Titanate	1	0	0	1	0	0	2
d) R^2O^5: Phosphate, Arseniate	0	0	2	0	2	0	4
Phosphate mit Chlor, Fluor, Wasser	1	8	2	10	9	0	30
e) RO^3: Silikate							
einfache mit 1 atomiger Basis	0	4	0	6	20	2	32
mit 3 atomiger Basis	0	2	1	3	1	2	9
mit 3 und 1 atom. Basis	13	7	10	2	9	9	50
mit Wasser (bei 1- oder 3atomiger Basis)	2	12	4	13	7	0	38
mit Chloreten, Fluoreten, Sulphureten, Aluminat., Carbon., Titan., Phosphat.	2	1	2	0	1	0	6
Borate	2	0	0	0	2	1	5
Sulfate, Chromate, Titanate, Tantalate	3	3	5	18	9	0	38
IV =	38	59	31	74	79	14	285
Im Ganzen:	85	82	35	100	76	14	392

3) Doch neigen im Allgemeinen die *einfachsten Verbindungen* (S. 22 und 24—25) zu den einfachsten Formen. Fast alle einfachen Mineralien gehören dem tesseralen und hexagonalen Systeme an; nur das Zinn kommt (künstlich) auch im tetragonalen, Jod, Schwefel, Selen und Kohlenstoff im rhombischen und klinorhombischen, keines im klinorhomboidischen Systeme vor.

4) Die einfachen *dimorphen* Mineralien (Tab. 1, S. 22) bilden ihre Formen nur nach dem tesseralen und hexagonalen Systeme aus, das Zinn wieder ausgenommen, des Selen und der Kohlenstoff.

5) Auch die *nicht oxydirten Verbindungen* stehen (Tab. 2. S. 24—25) noch vorzugsweise im I., II. und IV., keine im VI., die *oxydirten* und überhaupt die *komplizirteren Verbindungen* im III. bis VI. Systeme. Es springt Dieß vorzüglich in die Augen, wenn man die Summen der drei ersten Mineral-Klassen (I.—III., S. 24) mit der der vierten oder mit der Gesammtsumme (S. 25) vergleicht.

6) Unter dimorphen Mineralien von komplizirterer Zusammensetzung sind noch mehre Schwefel-Verbindungen (Kupfer-Bisulphat, als Würfel künstlich) und Oxyde (Eisen-Sesquioxyd $\ddot{F}$, als Oktaeder künstlich; Kupfer-Protoxyd $Cu^2 O$, in Hexagonal-Form künstlich) mit Krystallisationen nach dem tesseralen und hexagonalen Systeme bekannt. Bei sehr vielen andern, insbesondere bei den höher oxydirten und komplizirtesten ist jedenfalls immer eines der zwei Krystall-Systeme das gerade tetragonale oder rhombische. So Schwefel-Eisen $Fe S^2$ als Eisenkies tesseral, als Strahlkies rhombisch; ebenso Antimon-Oxyd, $Sb^2 O^3$, als Senarmontit und Antimonblüthe; kohlensaurer Kalk, $\dot{Ca}\,\ddot{C}$, als Kalkspath hexagonal, als Aragonit rhombisch. Der Kali-Salpeter, $\dot{K}\,\overset{\cdot\cdot\cdot}{\ddot{N}}$, findet sich in rhombischen Säulen; der künstlich dargestellte ist hexagonal; — der natürliche Salmiak, $NH^4\, Cl$, ist tesseral, der künstliche galt früher für gerade-rhombisch*). Aber Mangan-Hyperoxyd, $Mn O^2$, ist als Polianit und Pyrolusit rhombisch. Die Titansäure ($Ti O^2$) krystallisirt als Anatas und Rutil in 2 Formen aus dem tetragonalen und als Brookit im rhombischen Systeme.

7) Wenn gleich durch Verbindung von Mineral-Bestandtheilen mit einfachen Krystall-Formen solche mit zusammengesetzten zu entstehen pflegen, so scheint sich doch zuweilen die von beiden Seiten her auf

*) Nach *Naumann* krystallisirt der künstliche ebenfalls tesseral. Vergl. Poggendorff's Annalen. L, 11 u. 310.

die größere Zusammengesetztheit wirkende Thätigkeit gegenseitig aufzuheben und wieder eine ganz einfache Form zum Vorschein zu bringen. So sind der Alaun, $\dot{K}\dddot{S} + \ddot{\bar{A}}\dddot{S}^3 + 24\,\dot{H}$; der Sodalith $\dot{N}^3\ddot{Si} + 3\,\ddot{\bar{Al}}\ddot{Si} + Na\,Cl$; der Granat $\dot{R}^3\ddot{Si} + \dddot{\bar{R}}\,\ddot{Si}$, und selbst viele organische Verbindungen tesseral.

8) Es läßt sich überhaupt aus den Krystall-Formen der konstituirenden Mineral-Elemente, wenn sie nicht isomorph sind und mithin wieder eine gleiche Form hervorbringen, nicht auf die Art der Krystall-Form schließen, die aus ihrer Vereinigung hervorgehen wird.

9) Kennt man jedoch die Krystall-Gestalt einer Mineral-Verbindung, so läßt sich mit vollkommener Sicherheit voraussagen, welche Form ein anderer damit isomorpher Stoff in gleicher Verbindung annehmen würde; obschon Dieß nicht hindert, daß auch irgend eine andere isomorphe Reihe ganz nahe mit ihr übereinstimme, wie die zwei S. 21 aufgeführten Reihen lehren.

10) Was die elektrischen Verhältnisse der einfachen Mineralien betrifft, so sind die leichten Metalle nächst dem positiven Ende der Reihe und die ihnen zunächst folgenden Basen-bildenden schweren Metalle (1—28) fast alle einfach tesseral; die Säure-bildenden (31 bis 40) tesseral und hexagonal (das Zinn hexagonal und tetragonal). Ähnliche Doppelformen: tesserale und hexagonale, aber auch tesserale und rhombische, rhombische und klinorhombische Krystalle bilden die nichtmetallischen Körper (41—51). Der Kohlenstoff hat in dieser Reihe anfangs keinen sicheren Platz finden können, weil er mit beiden Polen der elektrischen Reihe in chemischem Verkehr steht, womit vielleicht auch zusammenhängt, daß seine Krystall-Formen, als Diamant und Graphit, den am weitesten auseinanderliegenden der fünf Systeme zufallen. Im Ganzen und Großen scheinen also die Krystall-Systeme allerdings in einer gewissen Beziehung zur elektrischen Reihe zu stehen, und die einfacheren Formen den elektro-positiven, die zusammengesetztesten und höchsten den elektro-negativsten Körpern zu entsprechen.

Während sich nur schwankende Regeln über die thatsächlichen Beziehungen zwischen Materie und Form der Mineralien aufstellen lassen, bleiben wir über die Beziehungen zwischen Kraft und Form völlig im Unklaren. Wir begreifen weder, wie es komme, daß die gleichartigen Masse-Theilchen, und zwar nach Lavalle's u. A. Be-

obachtung zuweilen alle, die in einem ziemlich weiten Gefäße vorhanden sind, zur Bildung eines einzigen Krystalls zusammengezogen werden können, noch wie die Ablagerung der Krystalle in einer den Attraktions-Gesetzen so widersprechenden Weise nach geraden Flächen und Kanten und vorspringenden Ecken erfolgen könne, noch endlich weshalb die gestaltende Kraft bald ein Oktaeder oder ein Tetraeder, bald ein sechsseitiges Prisma oder ein Rhomboeder, bald eine gerade und bald eine schiefe Säule bilde, während uns bei der Gestaltung der Sphäroide das Wie und Warum der Modifikationen der Kugel-Form überall deutlich geworden ist.

Zwar haben Ampère und nach ihm Delafosse geglaubt, ein bestimmtes Verhältniß zwischen der Atome-Zahl und der Zahl der Ecken oder Kanten der konstituirenden Masse-Theilchen finden zu können, woraus die Krystalle aufgebaut würden. Die Masse-Theilchen aber müßten immer mit einer der Krystall-Formen des Systems übereinstimmen, wozu das Mineral gehört. So würde z. B. in dem oben (S. 26, Satz 7) angeführten Alaun das Atom Doppelsulphat $\dot{K}\dddot{S} + \ddot{\bar{A}}\dddot{S}^3$ den Kern darstellen, um welchen die Krystallisations-Kraft sodann die 24 Wasser-Atome zur Bildung der 24 Kanten eines jeden rautendodekaedrischen Masse-Theilchens verwendete, woraus der Alaun-Krystall aufgebaut werden soll. In einem andern Fall würden 12 M.-G. Wasser zur Bildung der 12 Kanten eines Würfels oder Oktaeders, 8 M.-G. zur Bildung der Ecken eines Würfels, 6 zur Bildung der Ecken eines Oktaeders verwendet, dessen Kern durch ein M.-G. wasserfreier Bestandtheile gebildet werden soll; und in noch anderen Fällen müßte der Kern aller Masse-Theilchen in Ermangelung eines solchen Elements ganz leer bleiben u. s. w. Es würde indessen doch nicht immer möglich werden, den Krystall aus konstituirenden Masse-Theilchen von seiner Form (wie eben aus Rauten-Dodekaedern) nach allen seinen Modifikationen zusammenzusetzen, noch würde sich diese Ansicht in Bezug auf die Zahlen-Verhältnisse überall durchführen lassen, wie groß auch der Spielraum ist, welchen diese Theorie der Phantasie des Mineralogen überläßt. Endlich scheint uns überhaupt das Verfahren der Natur in solchem Falle keineswegs von so mechanischer Art zu sein, wie diese Theorie unterstellt.

Mit glücklicherem Erfolge hat Herm. Kopp nachzuweisen gesucht, daß solche einfache oder zusammengesetzte Mineral-Stoffe mehr und weniger gleiche Krystall-Systeme besitzen, welche ein gleiches Atome-Volumen haben, d. h. deren Atom-Gewichte mit ihrer

Eigenschwere dividirt gleiche Quotienten geben. Nach Meigs*) wären noch innigere Beziehungen zwischen Krystall-Formen und Atom-Wärmen zu erwarten, da Imponderabilien überhaupt und die Wärme insbesondere zugleich bewegt und bewegend bei allen chemischen Prozessen eine bedingende Rolle spielen. Inzwischen gelingt es ihm doch nur darzuthun, daß Körper-Gruppen von gleicher oder fast gleicher Atom-Wärme meistens in eine Formen-Gruppe zusammengehören, wobei man nicht nur der Größe der Atom-Wärme einen ähnlichen Spielraum lassen muß, wie ihn die Winkel- und Achsen-Verhältnisse der zu einem Systeme zusammen gehörigen Krystall-Formen zeigen, sondern mitunter auch eingestehen muß, daß Körper in eine Gruppe zusammengehören können, deren Atom-Wärmen in einfachen Verhältnissen (d. h. wie 1 zu 2, 2½, 3) von einander abweichen. Zur Unterstützung seiner Ansicht theilt Meigs eine Tabelle mit, die wir hier (vergl. S. 30, 31) mit Übergehung der Rubriken, welche die Elemente seiner Berechnung enthalten, und derjenigen Körper-Gruppen, worin nur künstlich krystallisirende Körper ohne Mineralien enthalten sind, mittheilen wollen, indem wir jedoch noch einige weitere analoge Mineral-Körper in Parenthese, sowie die Angabe des Krystall-Systemes beifügen, die er überall weggelassen hat. Auch die mit * bezeichneten Stoffe jedoch kommen nicht fossil vor.

Ohne in das Detail dieser Übersichts-Tabelle einzugehen, können wir doch daraus entnehmen, daß oft gleiche Krystall-Systeme mit sehr ungleichen Atom-Volumina wie Atom-Wärmen verbunden sind, und umgekehrt; — so wie, daß weder die höchsten noch die niedrigsten Atom-Volumina oder Atom-Wärmen den einfachsten oder den komplizirtesten Krystall-Systemen entsprechen, folglich wenigstens kein motivirtes Gradations-Verhältniß zwischen beiden erkennen lassen.

Es ist bekannt, daß auch eine elektrische Thätigkeit bei Bildung neuer Mischungen, wie bei allen Übergängen flüssiger Gemische in den festen Zustand stattfinde, und wir haben des Gegensatzes zwischen den elektro-positiven und -negativen Mineral-Stoffen schon oben S. 27 Nr. 10 gedacht. Nun ist aber noch ferner erwiesen, daß diese bei Körpern mit einer längeren Achse ihren Weg leichter in der Richtung längs dieser Haupt-Dimension nehme, während nach Knoblauchs Versuchen**) da, wo die äußere

*) Im Journal Acad. nat. scienc. Philadelphia, 1855, III., 105—134.

**) Monatliche Berichte der Berliner Akademie 1851, 271 ff.

Chemische Körper. A. Einfache.	Formel.	1. Regulär-System.	2. Hexagonal-S.	3. Tetragonal-S.	4. Rhombisches S.	5. Klinorhombisches S.	Atom-Volumen.	Atom-Wärme.	Chemische Körper. B. Zusammengesetzte.	Formel.	1. Regulär-System.	2. Hexagonal-S.	3. Tetragonal-S.	4. Rhombisches S.	5. Klinorhombisches S.	Atom-Volumen.	Atom-Wärme.
Schwefel	S				4	5	8,04	3,1584	Zinnerz	SnO^2			3			10,775	7,260
Selen*	Se					5	9,28	3,1280	Anatas, Rutil	TiO^2			3			10,680	6,856
Tellur	Te		2				10,22	4,5632	[Brookit	TiO^2				4			]
									[Pyrolusit	MnO^2				4			]
									[Schwerbleierz	PbO^2		2					]
Mangan*	Mn						3,466	4,0060									
Eisen	Fe	1					3,675	3,1116									
Kobalt*	Co	1					3,675	3,6881	Alaunerde	Al^2O^3		2				13,409	10,3005
Nickel*	Ni	1					3,675	3,1376	Eisenoxyd	Fe^2O^3		2				14,921	13,3201
Kupfer	Cu	1					3,675	3,0337	Chromoxyd	Cr^2O^3						15,393	15,7272
Zink*	Zn	1	2				4,479	3,0590	[Braunit	Mn^2O^3			3				]
Cadmium*	Cd	?					6,465	2,8402									
									Magnesit	MgO, CO^2		2				15,067	9,4794
Baryum*	Ba								Eisenspath	FeO, CO^2		2				15,052	10,7365
Strontium*	Sr								Bitterspath	½ {MgO, CO^2 / CaO, CO^2}		2				16,158	10,1308
Blei	Pb	1					9,145	3,3735	[Manganspath	MnO, CO^2		2					]
									[Zinkspath	ZnO, CO^2		2					]
									Kalkspath	CaO, CO^2		2				18,464	10,0747

Zinn*	Sn		2	3			8,093	8,3630	Aragonit	CaO, CO^2				4		17,043	10,3575
Titan*	Ti	1					4,593		Strontianit	SrO, CO^2				4		20,470	10,7004
									Witherit	BaO, CO^2				4		22,924	10,7572
Platin	Pt	1					4,595	3,1517	Cerusit	PbO, CO^2				4		20,601	11,1054
Palladium	Pd	1	2				4,564	3,1666									
Iridium	Ir	1	2				4,574	3,6358									
Osmium	Os	1					4,573		Schwerspath	BaO, SO^3				4		26,971	12,9192
									Zölestin	SrO, SO^3				4		24,403	12,8064
									Blei-Vitriol	PbO, SO^3				4		24,354	13,0548
Wolfram*	W						5,491	3,3915	[Anhydrit	CaO, SO^3				4			]
Molybdän*	Mo						5,561	3,3120	[Thenardit	NaO, SO^3				4			]
Gold	Au	1					10,333	6,3680									
Silber	Ag	1					10,366	6,1833	Glaserit	KO, SO^3				4		33,030	15,6524
Natrium*	Na						24,123		*	KO, CrO^3						37,443	18,370.
Kalium*	K						45,581										
Phosphor*	Ph						17,740 {	5,9252	Kalisalpeter	KO, NO^5				4		49,852	25,6845
								9,0400	*	NH^4O, NO^5						48,691	30,4 ...
Arsenik*	As	1	2				13,378	6,0836									
Antimon*	Sb		2				19,196	6,4242									
Wismuth*	Bi		2				10,867	3,1813	Natronsalpeter	NaO, NO^5		2				38,993	22,0753
									*	AgO, NO^5				4		39,058	24,109.
Jod*	J				4		25,464	9,0090									
Brom*	Br						26,22?	10,5840									
									Cotunnit	Pb, Cl				4		24,973	9,2428
									u. s. w. *	X, Cl		2		4		26.–28.	9,2–8,7
									Steinsalz	Na, Cl	1					27,719	12,9857
									Chlorsilber	Ag, Cl	1					26,757	11,7849

Gestalt nicht maßgebend sein kann, wie bei künstlich abgerundeter Scheiben-Form solcher Körper, die Elektrizität ihren Weg in der Richtung der stärksten Zusammendrückung oder Verdichtung der Materie sucht. Frei in einer Flüssigkeit schwebende Atome werden daher nicht nur von den entstehenden Krystallen, wenn sie dichter als diese Flüssigsind*), mechanisch angezogen, sondern auch durch die Strömung der Elektrizität in eine bestimmte Richtung gegen einander gebracht, welche nach dem Angeführten von Grund-Form und Textur der verschiedenen auf einander wirkenden Körper zugleich bedingt sein muß. — Auch diamagnetische Körper, auf dieselbe Weise frei zwischen zwei magnetischen Polen schwebend, nehmen genau die ihrer größern Dichtheits-Richtung entsprechende Stellung zwischen den zwei elektrischen Polen ein, während magnetische Krystalle sich rechtwinkelig zu dieser Richtung ordnen. Vorerst aber gelangen wir auch durch diese Andeutungen noch lange nicht zu einer klaren Einsicht über die Natur des Krystallisations-Prozesses und die inneren Beziehungen zwischen Ursache und Wirkung, da wir über die Form der konstituirenden Masse-Theilchen, welche hier wesentlich in Betracht kommt, noch nichts wissen, und da die hier neu in's Spiel kommenden Faktoren, Elektrizität und Polarität, selbst noch von so dunkler Natur sind**).

Es bleibt uns noch übrig der Einflüsse zu gedenken, welche anscheinend äußere Ursachen auf die Wahl des Krystall-Systemes eines anschießenden Minerales üben können, wobei indessen zu bemerken, daß die Versuche über die Krystallisation bei verschiedenen äußeren Wärme-Graden doch großentheils mit den von Meigs nachgewiesenen Beziehungen zwischen Krystall-Form und Atom-Wärme in Zusammenhang gebracht werden und ihnen als Belege dienen können.

Über die äußeren Bedingungen, unter welchen ein dimorphes Mineral-Gemisch nach dem einen oder dem anderen Systeme krystallisirt, haben schon vor längerer Zeit Mitscherlich (a. o. a. O.) und Frankenheim***) werthvolle Beobachtungen mitgetheilt, aus welchen hervorgeht, daß die Temperatur, der Flüssigkeits-Grad, so

*) Sie können selbst in diesem Falle eine Zeit lang auf oder in der Flüssigkeit schweben, dort durch die Adhäsion an die Luft gehalten, hier während des langsamen Sinkens nach ihrer Entstehung.

**) Über die Beziehungen der Krystall-Formen des Borazites zur Elektrizität vergl. übrigens die vortrefflichen Untersuchungen Volger's in seiner Monographie desselben, Hannover 1855.

***) Jahres-Bericht der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur 1837,

wie Form und Mischung berührender Körper darauf von hohem Einflusse sind. Aus den Versuchen Frankenheims hat sich ergeben, daß isomere Körper, „welche bei gleicher Elementar-Zusammensetzung eine konstante, von dem Einfluß der Wärme auf die Eigenschwere, den Aggregat-Zuständen und der mechanischen Anordnung der Theile unabhängige Verschiedenheit in ihren Eigenschaften zeigen", doch verschiedene Schmelz- und Siede-Punkte besitzen können. Sobald die Erwärmung des einen isomeren Körpers A eine gewisse Temperatur-Grenze auf- (oder ab-)wärts überschreitet, wird er zerstört, geht in einen anderen Zustand B über, indem A nie über jener Grenze existiren kann, während B unter derselben nicht nur zu bestehen, sondern auch zu entstehen vermag, obwohl er dort in höchst merkwürdiger Weise der Form-umbildenden Kraft von A unterliegt. Wird B noch unter jener Temperatur-Grenze durch A berührt, so verwandelt sich seine Form vom Berührungs-Punkte aus, langsam oder schnell, in die Form A. Auch Erschütterung, wie Anritzen des Krystalles u. dgl. kann Solches bewirken. Die Verwandlung von B in A ist von Wärme-Entwickelung begleitet. — Wenn man einen Dimorphismus noch nicht an allen Körpern gefunden, so liegt die Ursache vielleicht zum Theil schon darin, daß viele derselben sich verflüchtigen, ehe sie die Temperatur-Höhe erreichen, in welcher ihre Krystall-Form sich ändern würde.

Der Kohlenstoff hat	Atom-Volumen	Atom-Wärme,
im tesseralen Diamant . . .	1,690	0,8814
im klinorhombischen Graphit .	2,857	1,1820
im amorphen Coke	3,333	1,2186

(was nicht für einen Ursprung des Diamants in hoher Temperatur zu sprechen scheint; Meigs).

Wird Schwefel in einem Lösungs-Mittel tropfbar aufgelöst und dieses dann verflüchtigt oder langsam abgekühlt, so erhält man nach Mitscherlich Schwefel in Rhomben-Oktaedern, dem natürlichen ähnlich. Schmelzt man den Schwefel aber und läßt ihn bei 110° langsam erkalten, so erscheint er in klinorhombischen Säulen. Diese, auf erste Weise behandelt, geben wieder Oktaeder. Wird aber die Temperatur umgetauscht, so zeigen auch die bereits gebildeten Krystalle eine Neigung zum Umtausch ihrer Form. — Prä-

38—47; in Erdmanns Journal 1839, XVI., 1—15; 1842, 257, 260, 263; G. Rose in Poggendorff's Annalen d. Phys. 1836, XXXVII., 516; 1838, XLII., 353.

zipitirt oder sublimirt man den Schwefel aus der Lösung bei einer seinem Schmelz-Punkte nahen Temperatur, so schießt er nach Frankenheim ebenfalls in klinorhombischen Formen an und erhält sich dann in gewöhnlicher Temperatur lange Zeit unverändert. — Aller natürliche Schwefel aber, sei er in neptunischen Gesteinen eingeschlossen oder von Vulkanen sublimirt, zeigt nur die erste der zwei Formen.

Kohlensaure Kalkerde kann nach G. Rose auf nassem Wege sowohl rhombischen Aragonit (mit 10,3575 Atom-Wärme) als hexaedrischen Kalkspath (mit 10,0747 — 10,2515 Atom-Wärme) geben; ersten jedoch bei höherer (etwa 65°), diesen bei niedrigerer (10°) Temperatur, während auf trocknem Wege sich nur Kalkspath bildet. Aragonit verwandelt sich aber sehr leicht in Kalkspath: auf nassem Wege, wenn man den durch Fällung dargestellten Aragonit in einer Auflösung von kohlensaurem Ammoniak stehen und erkalten läßt; auf trocknem Wege: wenn man den Aragonit einer schwachen Rothglüh-Hitze aussetzt, wobei er sich innerlich in ein Aggregat von rhomboedrischen Kalkspath-Kryställchen verwandelt, indem die großen Krystalle zu Pulver zerfallen, kleine aber unter Beibehaltung ihrer äußern Form zu Afterkrystallen werden. Da der Statuen-Marmor bis 10,8979 Atom-Wärme hat, so könnte man daraus auf einen sehr heißen Ursprung schließen, wenn nicht die Kreide auch 10,8474 zeigte. Indessen dürfte es doch noch andre Agentien geben, welche auf die Krystall-Formen der kohlensauren Kalkerde von Wirkung sind*).

Kohlensaurer Strontian (SrO, CO_2), in der Kälte niedergeschlagen, ist von unbestimmter Form; in der Wärme nimmt er Aragonit-Form an; dagegen erscheinen kohlensaures Blei- und Baryum-Oxyd (PbO, CO_2 und BaO, CO_2) auch in der Kälte mit Aragonit-Form, weil ihre Atom-Wärme etwas höher (11,1054 bis 10,7572), die des kohlensauren Strontians (10,7004) fast gleich ist.

Merkwürdige Erscheinungen zeigt die Krystallisation des Kali-Salpeters unter dem Mikroskope betrachtet nach Frankenheim. Ein zwischen zwei Glas-Platten dünn ausgebreiteter Tropfen erstarrender Salpeter-Auflösung läßt anfangs eine Menge rundum ausgebildeter Rhomboeder-Krystalle erkennen. Zugleich damit und etwas später erscheinen an einigen Punkten auch rhombische Säulen, die in Den-

---

*) G. Rose verspricht so eben eine neue Bearbeitung dieses Gegenstandes in den Abhandlungen der Berliner Akademie zu liefern.

driten-artiger Fortbildung sich bald über weite Flächen ausdehnen und jene ersten Krystalle aufzehren, wenn sie solche erreichen, ehe sie ganz trocken geworden, indem sie entweder der die Rhomboeder ausgebenden Flüssigkeit einen Theil ihrer festen Bestandtheile entziehen und so die Flüssigkeit nöthigen, jene leichter auflöslichen Krystalle wieder zu zerstören, oder indem sie die Rhomboeder bei unmittelbarer Berührung derselben innerlich sogleich in lauter kleine Prismen zerfallen machen, wonach diese aus Prismen zusammengesetzten After-Rhomboeder wie andre Prismen auf ihre Nachbarn einwirken, bis zuletzt nur lauter rhombische Säulen übrig bleiben. Ist indessen die Flüssigkeit um die anfänglichen Rhomboeder einmal aufgetrocknet, so können sich diese Wochen lang erhalten, unterliegen aber der erwähnten Pseudomorphose noch: oft, wenn sie mit einem festen Körper geritzt werden; immer, wenn man sie mit einem prismatischen Salpeter-Krystalle berührt oder sie einer Temperatur über 110° C. aussetzt (beim Kalke ist es umgekehrt); sie werden hierbei nur etwas trübe und verhalten sich bei Befeuchtung ganz wie prismatischer Salpeter.

Salmiak krystallisirt gewöhnlich im tesseralen Systeme. Aber auf obige Weise, zwischen zwei Glas-Platten behandelt und stark erhitzt, zeigt er orthorhombische Krystalle*). Sinkt die Temperatur auf einen gewissen Grad herab, so werden diese Krystalle trübe und innerlich wahrscheinlich tesseral.

Vom Schwefel-Eisen kommen beide Formen natürlich vor. Der tesserale Eisenkies (mit 7,5480 Atom-Wärme) zeigt sich hauptsächlich auf Gängen plutonischer und benachbarter Gesteine und scheint daher in höherer Temperatur und vielleicht auf trocknem Wege entstanden zu sein; der orthorhombische Strahlkies (mit 7,8854 Atom-Wärme) findet sich nur in neueren neptunischen Felsarten und ist sehr zersetzlich. Auf künstlichem feurigen Wege scheint man nur die erste Form erhalten zu haben.

Schwefel-Kupfer, das in zweierlei Formen vorkömmt, erhält man nach Mitscherlich in (? regulären) Oktaedern durch Verbindung beider Elemente in hoher Temperatur, während das natürlich vorkommende sich in Quadrat-Oktaedern findet.

Kupfer-Oxydul kann man nach Mitscherlich**) auf nassem und trocknem Wege in regulären Oktaedern, Blei-Oxyd auf beiden Wegen in Rhomben-Oktaedern erhalten. Antimon-Oxyd, das in der Natur

*) Vergl. jedoch die Note auf S. 26.

**) Erdmann's Journal 1840, XIX, 449 ff.

in Rhomben-Säulen und Rektangulär-Oktaedern vorkömmt, läßt sich auch in beiden Formen (Mitscherlich bezeichnet sie als Regulär-Oktaeder und Prismen) auf nassem und trocknem Wege gewinnen, und zwar in letztem Falle so, daß die Oktaeder auf den Prismen sitzen.

Auch das Bestreben krystallisirender Körper nach paralleler Stellung zu ihrer krystallinischen Unterlage ist nach Frankenheim mitunter so stark, daß es nicht allein die Grundform, sondern sogar das Krystall-System bedingt, worin der Körper krystallisirt. So ändert sich das prismatische Krystall-System des Kali-Salpeters in das rhomboedrische dem Kalkspath isomorphe um, wenn der Krystall sich auf einem Minerale dieses Krystall-Systems entwickelt.

Die Entstehung der verschiedenen abgeleiteten Formen, welche eine Mineral-Art innerhalb ihres eignen Krystall-Systems annehmen kann, bedarf zweifelsohne auch minder thatkräftiger Ursachen. Sie kann abhängen a) von Anwesenheit stellvertretender und außerwesentlicher Gemisch-Theile in dem Minerale oder wenigstens in der Flüssigkeit, woraus sich dasselbe bildet, und b) von der Beschaffenheit seiner krystallinischen Unterlage.

a) Reiner Kalkspath pflegt eine weit größere Anzahl abgeleiteter Flächen zu besitzen, als der mit isomorphen Salzen gemischte.

b) Im Inneren einer reinen Auflösung krystallisirt nach Beudant das Mineral gewöhnlich in seiner Kern-Form, während die Beschaffenheit der Gefäß-Wände oder fremde Beimischungen in der Flüssigkeit Modifikationen derselben veranlassen. So krystallisiren:

Kochsalz in Würfeln:
bei anwesender Borsäure in Kubo-Oktaedern,
bei anwesendem Harnstoff in Oktaedern;

Alaun in Oktaedern:
bei anwesender Salzsäure in Kubo-Ikosaedern,
bei anwesender Borsäure in Okto-Dodekaedern,
bei Entziehung von Schwefelsäure durch Alkali in Würfeln;

Eisenvitriol in spitzen Rhomboedern, schwach entkantet und enteckt,
bei anwesendem Kupfer-Vitriol in einfachen Rhomboedern,
bei anwesendem Zink-Vitriol stark entspitzeckt,
bei Bor- oder Salz-Säure stark entkantet und enteckt.

Nach Pasteur's*) Versuchen (an Salzen mit organischer Säure) krystallisiren Verbindungen von rektangulärer Form aus reiner Mut-

*) Dieser Aufsatz Pasteur's erscheint so eben in größerer Ausführlichkeit, als der uns zur Verfügung gestandene Auszug, in den Annales de chimie 1857, XLIX, 5—31.

terlauge in einfacher Gestalt und mit vorherrschenderer Breite-Ausdehnung; aus einer durch Hitze etwas veränderten unreinen Mutterlauge in hemiedrischer Gestalt und mit mehr vorherrschender Längen-Achse. Dieß geschieht auch, wenn man die Flüssigkeit umtauschend einfache Krystalle in die unreine, oder hemiedrische Krystalle in die reine Mutter-Lauge legt, je nach der Beschaffenheit dieser letzten.

c) Blei-Azotat krystallisirt nach Lavalle aus saurer Flüssigkeit in Form eines enteckten Oktaeders, aus neutraler als vollkommnes Oktaeder. Neutralisirt man nach begonnener Bildung des Krystalls die Flüssigkeit, so setzen sich die zur Ergänzung nöthigen Pyramiden auf die Abstutzungs-Flächen des anfänglichen Kubo-Oktaeders auf*).

Ebenso findet man natürliche Flußspath-Krystalle, die im Innern aus hellfarbigen Würfeln bestehen, welchen dunkler gefärbte Oktaeder-Ecken aufgesetzt sind und auf eine Änderung in Beschaffenheit der Mischung während der Krystallisation hinweisen.

d) Nach dem von Frankenheim beobachteten Gesetze (S. 36) erscheint Jodkalium, wenn es auf Glimmer krystallisirt, statt in der sonst fast konstanten Würfel-Form, als Oktaeder, so daß eine Fläche dann der vollkommnen Theilungs-Fläche des Glimmers parallel ist.

e) Aus den Beobachtungen von Lavalle geht ferner noch hervor: Bei langsamer Krystallisation bleibt auch die Lage des Krystalls nicht ohne Einfluß; liegt er lose auf dem Boden eines Gefäßes, so wird die Fläche, womit er aufliegt, größer und demzufolge dann auch die ihr gegenüberliegende, wenn die Symmetrie es erheischt.

f) Mitscherlich, Frankenheim u. A. haben gefunden, daß die Winkel isomorpher Krystalle, welche bei 0° nur unbedeutend von einander verschieden sind, mit zunehmender Temperatur ebenfalls theils zu- und theils ab-nehmen, aber in verschiedenen Graden. Frankenheim betrachtet die mit der Temperatur ungleich zunehmende Differenz als eine Folge der ungleichen Wirkung der Wärme auf Körper von verschiedener Zusammensetzung; bei irgend einer sehr tiefen Temperatur würden die Winkel solcher isomorphen Mineralien einander ganz gleich werden. So ist der Scheitel-Winkel des Kalkspathes bei 100° C. um 8′ 34″, des Bitterspathes um 4′ 6″, des Eisenspathes um 2′ 22″ größer, als bei 0° C.

Im Ganzen gelangen wir also über das Verhältniß von Krystall-

*) l'Institut 1853, XXI, 90.

Form zu Stoff und Kraft zu einem sehr geringen positiven Resultate. Das letzte dieser Verhältnisse, die Entstehung prismoider Formen bei Erstarrung chemischer Verbindungen, obwohl thatsächlich höchst auffällig und beharrlich durchgeführt, bleibt uns im Ganzen durchaus räthselhaft. Über das erste ersehen wir nur, daß die einfachsten Stoffe fast alle in dem einfachsten, indifferentesten und untersten Krystall-Systeme, dem tesseralen, und in dem ihm nahe verwandten hexagonalen krystallisiren und dem zusammengesetztesten höchsten klinorhomboidischen ganz fremd sind; — daß die elektro-positiven einfachen Mineralien mehr zum ersten, die elektro-negativen mehr zu den übrigen hinneigen, obwohl viele unter ihnen im tesseralen und hexagonalen dimorph sind; — daß bei den dimorphen zusammengesetzteren Stoffen fast immer eine Krystall-Form ins hexagonale System gehört; — daß keine Art des Stoffs zu einem bestimmten Krystall-Systeme eine nähere Beziehung hat; — daß überhaupt Stoffe, welche in ihren Eigenschaften, wie insbesondere Verbindungs-Proportionen, Atom-Volumen und Atom-Wärme einander gleich oder ähnlich sind, auch in gleiche oder ähnliche Krystall-Gruppen zusammen zu gehören pflegen, ohne daß wir den nothwendigen Zusammenhang zwischen den einzelnen Formen und Stoffen einsehen; daß endlich äußere Zufälligkeiten oft einen viel bestimmteren Einfluß auf die Wahl des Krystall-Systemes und die Grundform-Modifikation dimorpher Körper zu äußern scheinen, als die Art oder Verschiedenheit des Stoffes selbst.

Schließlich haben wir noch der Krystallisation der organischen Körper zu gedenken. So ist längst bekannt, daß nicht nur kohlensaurer und schwefelsaurer Kalk*) krystallisirt in den Zellen der Pflanzen vorkommen, sondern sogar auch oxalsaurer Kalk, dessen Säure schon zu den organischen gerechnet wird. Krystalle von Kalkspath insbesondere hat Sanio kürzlich in Bast und Rinde vieler Holz-Arten nachgewiesen, und zwar so, daß bei verschiedenen Holz-Arten die Vertheilung gewissen Regeln entspricht, und sie bald nur in primitivem Bast, bald nur in sekundären Bast-Bündeln, bald nur in Korkrinde-Zellen u. s. w. vorkommen. – Auch viele andere chemische Verbindungen von ternärer und quaternärer Zusammensetzung und im Inneren von

---

*) Auch Kieselsäure glaubte Brewster in der Cuticula der Schafthalme und Gräser krystallisirt gefunden zu haben, weil sie sich doppelt Strahlen-brechend und polarisirend erwies, was aber nach späteren Beobachtungen nur von einem noch organischen Gehalte herrührte.

Pflanzen und Thieren (Harnsäure u. s. w.) entstanden, welche auf künstlichem Wege noch nicht dargestellt werden konnten, krystallisiren, sobald sie dem Einflusse des organischen Lebens entzogen, von anderen begleitenden Verbindungen und insbesondere dem Auflösungs-Mittel, welches sie bis dahin verflüssigt haben mag, durch langsame Abdampfung, Verflüchtigung oder sonst auf rein chemischem Wege getrennt werden. In gesunden Theilen lebendiger Pflanzen oder Thiere selbst mögen sie aber nicht krystallisirt gefunden werden. Es scheint also die Entstehung dieser chemischen Verbindung, die Mischung an und für sich, noch den Einfluß organischer Thätigkeit vorauszusetzen und nur die Krystallisation ein rein chemischer Akt zu sein. Ein mehr und weniger großer Theil derselben sind nur organische Sekrete, und v. Liebig erklärt alle Krystallisationsfähigen und nicht selbst die organische Form von Geweben u. s. w. annehmenden Verbindungen im Innern der Organismen sogar für unorganische Produkte, für Erzeugnisse nur chemischer, nicht vitaler Thätigkeit.

C. Die Pflanzen.

Man kann den beiden Reichen unorganischer Natur-Körper, den Welten und Mineralien, die zwei Reiche organischer oder belebter Natur-Körper entgegenstellen, die Pflanzen und Thiere, welche durch viele gemeinsame Eigenschaften von jenen abweichen und ihren Namen von den Werkzeugen oder Organen der Vegetation und Generation haben, durch welche sie selbst für ihre Entstehung und Vermehrung sorgen. Während Attraktion und Affinität aller Materie als solcher inhäriren, mithin auch in den Organismen vorhanden sind, erscheinen sie hier doch nur untergeordnet und beherrscht von der Vitalität. Die Organismen sind weder bloße Aggregate wie die Welten, noch von homogener Mischung wie die Mineralien, sondern ungleichartig aus verschiedenen chemischen Gebilden von nicht durch die Gravitation bedingter aber zweckmäßig geordneter Lagerung. Ihre Gemische sind meist ternär oder quaternär, wenigstens aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff, meist auch Stickstoff bestehend. Sie nähren und vermehren sich durch eigne innere Thätigkeit. Ihre elementaren Form-Theile sind hohle mit Flüssigkeit erfüllte Zellen, fähig neue Zellen in ihrem Inneren zu erzeugen, und die Wände für die Flüssigkeit durchdringlich. Ihre individuelle Dauer ist eine bemessene, wenigstens lang genug, um ihre eigenthümliche Form vollständig auszubilden

und neue Individuen ihrer Art zu hervorzubringen. Statt durch bloße Anlagerung neuer Theile von außen her, wachsen sie durch Aufnahme von Nahrungs-Stoffen in ihr Inneres (Intussusception), durch fortwährende Aneignung des Brauchbaren und Ausscheidung des Unbrauchbaren. Der neue dem alten beigefügte Stoff lagert sich zwischen diesem ab. Die älteren Individuen übertragen ihre Vitalität auf die jüngern, bevor sie erlöschen, und erhalten so die Arten, zu welchen sie gehören; denn sie ist anders modifizirt in jeder Art. Wie sie selbst in dem ersten Individuum jeder Art entstanden seien, ist unbekannt. Die äußeren Formen sind gerundet, mehr und weniger zusammengesetzt, haben aber sonst an charakteristischer Beschaffenheit wenig Gemeinsames.

Wir können das Wesentliche dieser Charakteristik der zwei höheren Natur-Reiche in folgende Worte zusammenfassen: Die Organismen hauptsächlich aus Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und Stickstoff zusammengesetzt in ternärer und quaternärer Mischung*) aus zelligen Form-Elementen und beweglichen Säften gebildet, aus verschiedenen Organen innerlich und äußerlich zusammengesetzt, mit **Vitalität** begabt, die sich in vegetativen und generativen Funktionen äußert. In lebenslänglichem Stoffwechsel begriffen, nähren sie sich und wachsen sie durch Intussusception zu Erhaltung des Individuums und vermehren sie sich zu Erhaltung der Art.

Die **Pflanzen** unterscheiden sich von den Thieren in Funktion, Organisation und Mischung. Ihre Funktion beschränkt sich auf Vitalität, d. i. Ernährung und Fortpflanzung, ohne die Sensibilität und deren Attribute bewußter Empfindung und Bewegung. Sie besitzen eine gewöhnlich nur ternäre Mischung bei vorherrschendem Kohlenstoff- und schwachem Wasserstoff-Gehalt. Ihre Zellen-Wandungen sind für die beweglichen Nahrungs-Säfte permeabel, aber selbst ohne eigne Bewegung. Sie haben keine Mund-Öffnung und keine Eingeweide-Höhle. Ihr Wachsthum ist ein sogenanntes peripherisches statt zentrales, indem die neuen Theile zwar noch unter der Oberfläche der alten, aber mehr in deren Nähe und in einerlei Richtung fort sich entwickeln, wie Das bei Thieren nur mehr an

---

*) Allerdings giebt es auch binäre Pflanzen-Stoffe, welche, mitunter ganze Organe bildend, vorzugsweise aus Erden bestehen und zunächst hier nicht weiter in Betracht kommen; so wie andre nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff zusammengesetzte: ätherische Öle, Kautschuk u. dergl.; doch sind diese wohl mehr als Sekretionen denn als lebendige Säfte zu betrachten?

einzelnen Theilen von niedrigerer Natur der Fall zu sein pflegt. Auch der Form-Charakter der Pflanzen und Thiere ist verschieden, und dieser ist es, auf welchen wir nun ausführlicher einzugehen haben.

Die Einheit der Form, welche ein Welt-Körper oder ein krystallisirtes Mineral besitzt, läßt verhältnißmäßig leicht erkennen, welches die Attribute sind, die den Formen aller Welten oder aller Krystalle gemeinsam zustehen, und gestattet alsbald einen allgemeinen Ausdruck dafür zu finden. Schwieriger ist es mit den zusammengesetzten Gestalten der Pflanzen- und Thier-Körper. Gleichwohl gelingt es auch hier, das Wesentliche hervorzuheben.

Wir haben gesagt, daß die Pflanzen aus meistens ternären Verbindungen bestehen, die aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzt sind; doch einige ihrer Verbindungen enthalten auch noch Stickstoff, Phosphor u. a. und sind daher quaternär. Alle ihre Nahrung nehmen sie aber in Form unorganischer binärer Verbindungen von außen auf, die drei erst-genannten Elemente nämlich in Form von Kohlensäure und Wasser (kohlensäuerliches Wasser mit unbestimmtem Verhältniß zwischen beiden Stoffen), den Stickstoff als Ammoniak gewöhnlich in Verbindung mit Säuren, und diese Aufnahme findet vorzugsweise aus dem Boden statt; die Luft liefert nur einen Theil von Wasser und Kohlensäure, der Boden den Stickstoff fast allein. Durch die von der Wärme angeregte Lebens-Thätigkeit der Pflanze wird die Kohlensäure mit einem Theile des Wasserstoffes (zuweilen auch noch Sauerstoffes) des Wassers unmittelbar zu Schleim, Zucker, Gummi, Stärkmehl und endlich Holzfaser oder Zellulin verbunden, worin der Kohlenstoff im Allgemeinen um so mehr vorwaltend wird, je unauflöslicher die Verbindung ist; in den auflöslichen Verbindungen herrschen die Bestandtheile des Wassers mehr vor. Wie aber die Kohlensäure aus dem Boden nur in Verbindung mit Wasser in die Pflanze gelangen kann, so werden jene ternär-organischen Verbindungen, so lange sie noch nicht in organisirte Zellen-Substanz übergegangen und noch in Wasser löslich sind, auch nur durch Wasser in der Pflanze herumgeführt. Diese verdünstet in der wärmern Tages-Zeit und im Sonnen-Lichte durch ihre gesammte grüne Oberfläche und insbesondere die Blätter einen Theil des Wassers und des Sauerstoffs, während sie Kohlensäure einathmet; sie ziehet bei Nacht und im Schatten etwas Wasser und Sauerstoff ein, während sie Kohlensäure abgiebt, kann daher ganz im Dunkeln befindlich die Kohlenstoff-haltigen Pflanzen-Verbindungen nicht für den Bedarf ge-

nügend erzeugen. So muß die normale Pflanze von der Erd-Oberfläche aus eine polare Thätigkeit nach zwei entgegengesetzten Seiten hin richten, um sich nach zwei Seiten hin zu entwickeln und auszubreiten, mit den Wurzeln abwärts in den Boden nach dem Dunkel und der Kühle, um Wasser, Kohlensäure und Ammoniak-Verbindungen zu schöpfen; mit dem Stengel aufwärts in die Luft und gegen die Sonne, den die Lebens-Thätigkeit erregenden Quell des Lichtes und der Wärme, um in einem assimilirenden Athmungs-Prozesse das für die Zellulin-Bildung u. s. w. Überflüssige an Wasser und Sauerstoff durch die grüne Oberfläche wieder auszuscheiden. (Der Gegensatz zwischen den Verrichtungen bei Tag und bei Nacht ist zweifelsohne der innern Hinundherbewegung und Ausgleichung förderlich.) Aber der polare Gegensatz zwischen den aufwärts wachsenden und den abwärts steigenden Theilen der Pflanzen geht noch weiter. Alle Pflanzen und selbst die Fett-Gewächse, welche ihre ganze Nahrung aus der Luft zu ziehen vermögen, suchen sich mit ihren Wurzeln im Boden zu befestigen, um den Stengel mit seinen respirirenden Flächen desto beharrlicher der Luft und dem Lichte entgegentragen zu können; und andrerseits ist es nur wieder dieser Stengel, an welchem durch immer weiter gehende Veredlung jener vegetativen Flächen-Organe, bei nachlassendem Wachsthume, die generativen Organe entstehen können, die zur Fortpflanzung der Art bestimmt sind. Sie bedürfen zu ihrer Ausbildung so vorzugsweise der Wärme und des Lichtes, daß bei einer theilweisen Entziehung derselben die Pflanze noch wachsen, aber die generativen Organe nicht mehr zur Reife bringen kann. Nur bei den unvollkommnen, den agamen und zum Theil kryptogamen Gewächsen, wo der funktionelle Gegensatz zwischen beiden Polen noch nicht oder nur unvollkommen ausgesprochen ist, wo die Wurzel noch nicht berufen ist den Stengel zu nähren, da pflegt die abwärts-gehende Entwickelung des untern Poles zu mangeln; die Wurzel fehlt ganz oder stirbt bald ab.

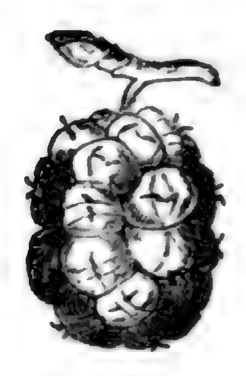
So ist denn die normale Pflanze unabweisbar genöthigt, sich nach zwei bestimmten entgegengesetzten Richtungen zu entwickeln; mit den sie befestigenden Nahrung-schaffenden Wurzeln nach unten in der Richtung der Schwere, nach dem Wasser, dem Boden, dem Dunkel; mit dem die Athmungs- und Fortpflanzungs-Organe tragenden Stengel, den Blättern, Blüthen, Früchten nach oben in die Luft, nach dem Lichte und der Wärme, der Schwere entgegengesetzt. Die Entwickelung nach beiden Richtungen ist daher nicht bloß eine formelle,

sondern zugleich eine funktionelle, eine polar-entgegengesetzte. Da die Pflanze sich nicht oder nicht willkührlich von der Stelle bewegt, so sind alle übrigen Richtungen für sie als solche gleichgültig, wenn schon Süd- und Nord-Seite, Ost- und West-Seite durch ihr ungleiches klimatisches Verhalten einigen Einfluß auf Individuen äußern können. Man hat auch geglaubt, in der Richtung, nach welcher sich windende Gewächs-Arten um andre sich aufwickeln, oder in der Richtung, nach welcher sich die Spirale dreht, der die Blatt-Stellung folgt, Beziehungen zur Richtung zu erkennen, in welcher sich die Sonne bewegt; aber diese Richtung ist bei verschiedenen Arten sogar der nördlichen Hemisphäre ungleich, und selbst wenn sie hier bei allen Pflanzen-Individuen gleich wäre, so würde sie sich mit der entgegengesetzten der Pflanzen-Individuen der südlichen Hemisphäre kompensiren müssen, ohne auf die Pflanzen-Form in der Abstraktion einen Einfluß haben zu können. Ebenso sind drei-, vier- oder fünf-kantige Stengel und solche mit Wirteln aus 3, 4, 5, 10 Blättern nur spezifische, nicht allgemeine Charaktere. Versuchen wir nun diese Verhältnisse so, wie bei den Welten und Krystallen geschehen ist, auf Achsen zu beziehen, die wir uns in der Pflanze denken, so ist sofort eine senkrechte Haupt-Achse mit einem positiven obern und einem negativen untern Pole an allen Pflanzen zu erkennen. Alle möglichen waagerechten Achsen aber, die wir uns rechtwinkelig zu voriger in der Pflanze liegend vorstellen können, würden unter sich gleich und gleich-polig sein. Denken wir uns in verschiedenen Höhen übereinander ganze Wirtel von solchen gleichen und gleich-poligen Achsen, so werden die obern Wirtel um so mehr an den Eigenschaften des positiven Poles theilnehmen, je näher sie ihm sind, und die untern Wirtel mehr den Eigenschaften des negativen Poles entsprechen. Suchen wir nach einer einfachsten stereometrischen Figur, worin dieselben Eigenschaften zu finden wären, so entdecken wir sie sämmtlich in einem aufrecht stehenden Eie vereinigt: da ist die senkrechte ungleich-polige Haupt-Achse; da sind alle denkbaren Wirtel von waagerechten Quer-Achsen, aufwärts an den Eigenschaften des positiven, abwärts an denen des negativen Poles mehr Antheil nehmend. Wir können die ideale Pflanzen-Form also eine stehende Ei-Form nennen, und um uns einer analogen Wort-Bildung wie bei den zwei vorigen Reichen zu bedienen und zu gleicher Zeit auf die stattfindenden manchfaltigen Modifikationen dieser Grund-Form hinzuweisen, habe ich seit einer Reihe von Jahren den Aus-

druck Ooid in Anwendung gebracht*). Um aber in dem Namen zugleich die spiral-fortschreitende Entwickelungs-Weise dieses Pflanzen-Ooides im Gegensatze zu dem Ooide der niederen Thiere, wovon später die Rede sein wird, auszudrücken, kann man dasselbe Strobiloid nennen, indem der Koniferen-Zapfen, Strobilus, mit der Ooid-Form auch die Spiral-Stellung der Schuppen verbindet. Auch die Maulbeer-Frucht (Fig. 20.), die Mais-Ähre u. s. w. stimmen damit überein.

Und dieses Ooid, diese ideale Grund-Form der Pflanze, findet sich in der That oft genug unmittelbar in der Natur selbst vor, wenn wir sie da aufsuchen, wo die Pflanzen-Form noch am einfachsten ist, d. h. in der Keim- und Kern-Zelle (Fig. 21. u. 22.), im Embryo

Fig. 20.

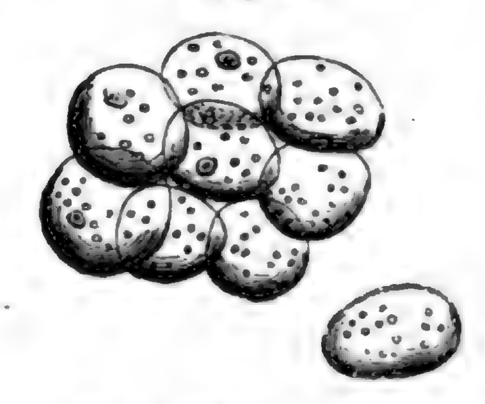




Maulbeer-Frucht.

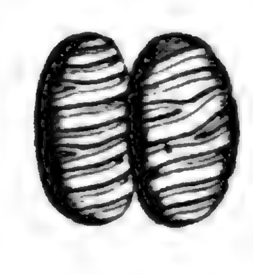


Fig. 21.



Einfache Pflanzen-Zellen.

Fig. 22.



Faser-Zellen.

und in mehren Zellen-Pflanzen. Viele gerade monokotyledonische, polykotyledonische und dikotyledonische Embryonen tragen mathematisch genau die Ei-Form an sich, welche bei letzten zwar durch die zwei nach zwei Seiten gekehrten Kotyledonen gestört zu werden scheint, was aber durch ihre Stellung zu den aus dem Keimchen sich entwickelnden ersten Stengel-Blättchen sich wieder ausgleicht. Ebenso sind manche Algen (Protococcus) und Faden-Pilze, von den zarten Fasern ihrer

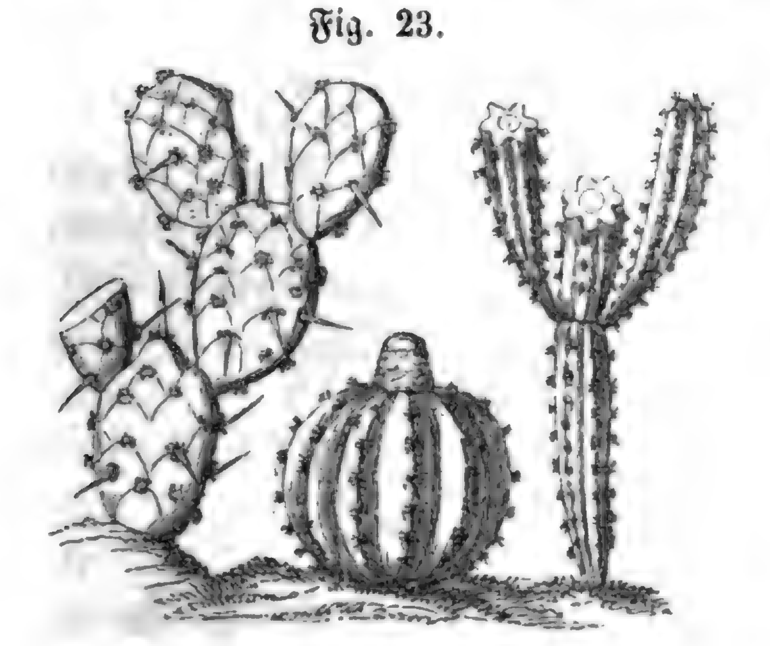
*) Ich hatte 1841 den etwas weniger harten Namen Conoid vorgeschlagen, wobei sich die entsprechende aufrechte Stellung schon von selbst ergibt, was beim Ei (Ooid) nicht so der Fall ist. Der Kegel, Conus, besitzt aber eine scharf gesonderte Grundfläche mit einem scharfen Rande darum, Attribute, für die sich bei den Pflanzen nichts Entsprechendes findet.

Verschiedene Botaniker haben bei Behandlung dieses Gegenstandes bald nur das „bipolare" Wachsthum der Pflanzen allein, bald nur ihre Symmetrie, ihre nach allen Richtungen mögliche senkrechte Theilbarkeit in 2 gleiche Hälften als charakteristisch hervorgehoben, wie Das insbesondere in einer sehr ansprechenden Abhandlung von Hugo Mohl über die Symmetrie der Pflanzen, Tübingen 1836, geschehen ist.

Basis abgesehen, wahre Eier, mag nun der größere körperliche Durchmesser derselben dem oberen oder dem unteren Pole näher liegen*).

Unter den höhern Pflanzen sogar kann man noch die Melocacten (Fig. 23.) und die (freilich sehr in die Länge gezogenen) Palmen (Fig. 24.) und Equiseten anführen, welche letzten zwar am Stengel

Fig. 23.



Cactus.

Fig. 24.



Palme.

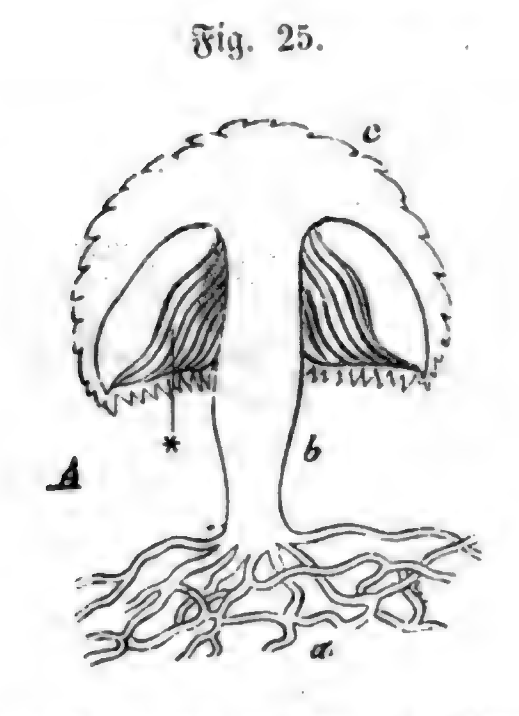
eine anscheinend gewirtelte, aber am Sporen-Gehäuse wenigstens eine deutlich spirale Entwickelung zeigen.

Ganz an der untern Grenze des Pflanzen-Reiches, wo auch der Wurzel-Pol sich noch nicht verlängert, finden wir jedoch einige Formen von Gewächsen, welche dieser Normal-Gestalt nicht entsprechen. Es sind zunächst einige netzartige verästelte Algen, zum Theil mit sehr verlängerter Achse, das netzartige Myzelium der Hutschwämme (Fig. 25 a s. folg. S.), das Prothallium der Farne, ganz unförmig gestaltete Holz-Pilze in ihrem ausgewachsenen Zustande; ferner Flechten (Fig. 26. s. folg. S.), deren Haupt-Achse außerordentlich verkürzt ist (was indessen funktionell keine wesentliche Änderung veranlaßt), und deren Umfang unregelmäßig gelappt zu sein pflegt, indem eine scharf abgegrenzte Individualität hier noch weniger als bei vielen andern Gewächsen zu bezeichnen möglich ist. Es ist Dieß die un-

*) Mag auch das nach unten gehende Wachsthum der Monokotyledonen nur ein sehr unbedeutendes und mag ihre Grund-Form daher mehr ein wirkliches Conoid sein: der funktionelle Gegensatz bleibt gleich wichtig.

terste noch unausgebildete, noch zum Amorphen neigende Stufe des Ooides, ähnlich zur typischen Pflanzen-Form, wie die See-Schwämme, Rhizopoden und einige Infusorien zur typischen Thier-Form sich

Fig. 25.



Hut-Schwamm in Vertikal-Schnitt auf seinem Myzelium.

Fig. 26.



Parmelia parietina.

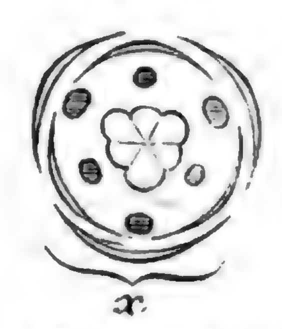
verhaltend. Aber je höher wir in der Reihe der Pflanzen-Klassen hinaufsteigen, desto reicher werden die Pflanzen an Organen, desto zusammengesetzter ihr Körper, desto manchfaltiger ihre Gestalt, desto abweichender von der einfachen Ei-Form ihr Gesammt-Eindruck. Gleichwohl bleibt der Charakter ihrer Grund-Form immer derselbe, immer auf eine ungleich-polige aufrechte Haupt-Achse und gleiche und gleich-polige Quer-Achsen in jedem denkbaren Achsen-Wirtel bezüglich, deren Eigenschaften sich oben dem Charakter des positiven, unten dem des negativen Poles mehr und mehr annähern. Insbesondere bleibt hierbei noch zu berücksichtigen, daß die ästigen Pflanzen als Kolonie'n von Pflanzen-Individuen betrachtet werden können, woran jeder aus einer besondern Knospe entsprungene Zweig ein mit den übrigen zusammenhängendes Individuum repräsentirt, das in allen Organen bis auf die Wurzel vollständig ist und wenigstens durch künstliche Behandlung selbstständig werden kann, ja in Bulbillen- und Stolonen-Bildungen wie durch die Ast-Absenker der Mangle- und Drachenblut-Bäume auch in der Natur sich zum selbstständigen Individuum entwickelt.

Man kann daher sagen, daß die **Art und Beschaffenheit der Organe, so wie die gesammte Textur der innern Bestimmung der Pflanze entspreche, die äußerliche** stro-

biloide Gesammtform derselben aber in ihrem Verhältnisse zur Außenwelt begründet und nothwendig sei.

Betrachten wir nun die Stellung und die Form der einzelnen äußeren Theile höher organisirter Pflanzen noch etwas näher, so bestehen sie aus Stengel, Blättern, Blüthen und Früchten; die Blüthen aus Kelch, Krone, Staub-Fäden und Stempel (Fig. 27.), aus welchem die Frucht entsteht; diese zusammengesetzt aus Frucht-Hülle und Saamen, an welchem man wieder die Saamen-Haut, das Eiweiß und den Embryo unterscheidet. Göthe hat in seiner „Metamorphose der Pflanzen" bereits ausgesprochen, daß die genannten Theile, etwa mit Ausnahme des letzten, nur in Blättern auf verschiedenen Stufen der Aus- und Um-Bildung bestehen. In der That sieht man zuweilen in Monstrositäten Kelch- und Frucht-Blätter wieder in Stengel-Blätter, Staubfäden in Kronen-Blätter, so wie diese in jene wirklich übergehen. Die Blätter des Stengels dehnen sich von den Wurzel-Blättern an aus und ziehen sich bis zu den Hüll-Blättern der Blüthe wieder zusammen; eine zweite Ausdehnung und Zusammenziehung stellen die Kelch-, Kronen- und Antheren-Blätter dar, worauf die Blätter, welche die Wände des Perikarpiums bilden, gewöhnlich den Saamen hervorbringen, in welchem der Embryo in seinen Häuten abgeschlossen liegt. Es ist ferner durch Carl Schimper's und Alex. Braun's Forschungen bekannt, daß alle diese Blätter meistens eine spirale Stellung besitzen, welche in Blatt-Quirlen, Kelch, Krone, Staub-Gefäßen und Perikarpial-Blättern allerdings in wahre Kreise überzugehen scheint, obwohl die wirkliche Spiral-Stellung sich auch dann noch oft in der Art und Weise, wie die Kelch- und Kronen-Blätter und Staub-Gefäße vor dem Aufbrechen der Blüthen übereinander liegen (Praefloratio), oder aus der Wechselstellung der Blätter in den aufeinanderfolgenden Kelch-, Kronen- und Staubfäden-Quirlen zu einander erkennen läßt. Diese Spiral-Stellung der Blätter steht auch in Beziehung mit dem spiralen Verlaufe der mit starken Wurzeln und Ästen zusammenhängenden Verdickungen an vielen unserer Baum-Stämme und mit den spiralen Schlingungen unserer Schling-Pflanzen. Die Spiral-Bildung ist daher ein all-

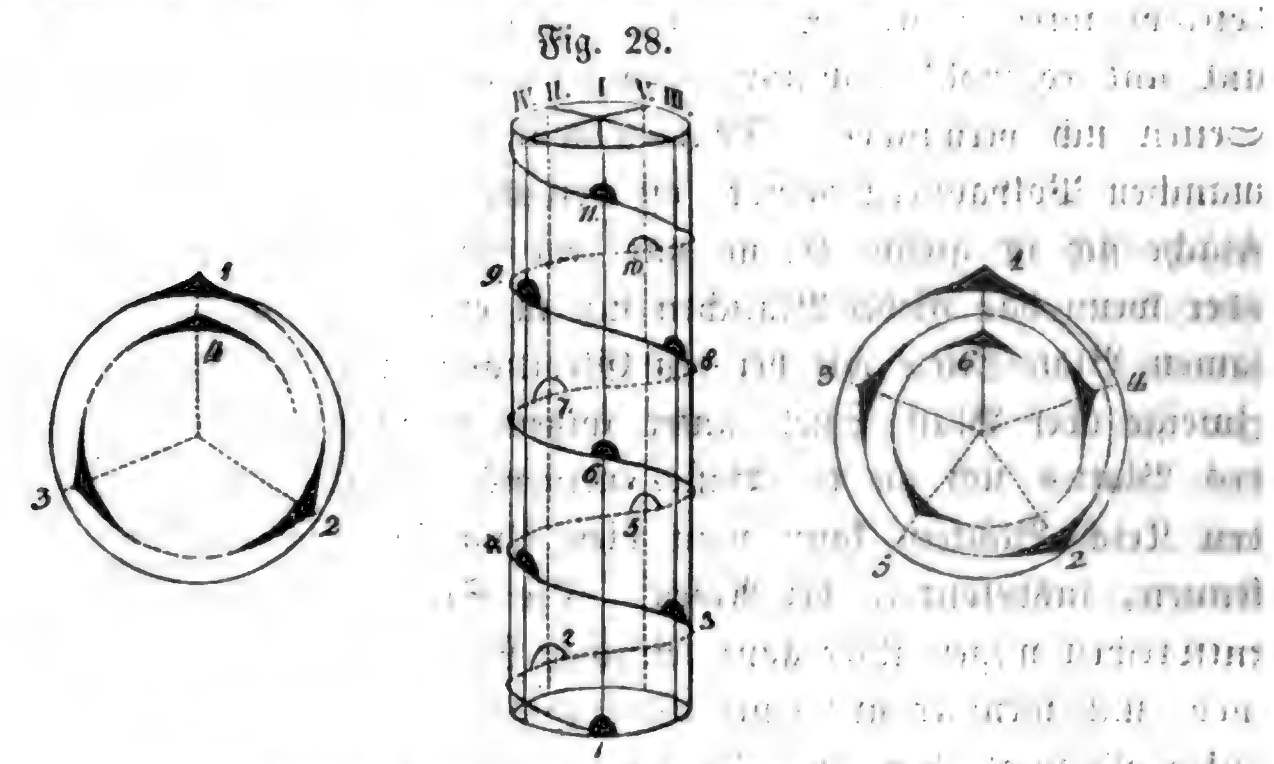
Fig. 27.



Ideal vollständige alternirende Kelch-, Kronen-, Staubfäden- und Frucht-Wirtel einer dreizähligen Blume, auseinandergerückt.

verbreiteter Charakter in der Pflanzen-Welt. Die Winkel, welche die in einer um den Stengel laufenden Spiral-Linie unmittelbar aufeinander folgenden Blätter mit einander machen, oder unter welchen sie von einander divergiren, können manchfaltige sein; doch sind $^1/_2$-, $^1/_3$-, $^2/_5$-, $^3/_8$-Stellungen (solche, wo jene Abstände $^1/_2$, $^1/_3$, $^2/_5$, $^3/_8$ eines Kreises betragen,) die gewöhnlichsten (Fig. 28). Will man

Fig. 28.



Eindrittels- und Zweifünftels-Blatt-Stellungen.

jedoch diese Reihe ergänzen, so kann es auf diese Weise geschehen, daß man die Zähler und die Nenner je der zwei letzten Brüche der Reihe zusammenzählt und daraus jedesmal wieder den nächsten Bruch bildet.

An dem zusammengesetzten Körper einer höheren Pflanze können nun nicht mehr alle Theil-Ganzen die Ooid-Form besitzen, wie die Gesammtpflanze; streng-genommen wäre Dieß nur bei den einzähligen Achsen-ständigen Theilen möglich, bei den terminalen Blüthen, Früchten und Saamen ist sie nothwendig; doch kommt sie auch bei seitenständigen noch oft vor, indem sich der Einfluß der Seiten-Stellung mehr und mehr verwischt. Man wird daher wohl richtiger sich ausdrücken, wenn man in Bezug auf die Wirklichkeit sagt, daß alle unregelmäßig gebildeten Blüthen, Früchte und Saamen seitenständig, wenn auch nicht alle seitenständigen unregelmäßig sind.

Stengel-, Hüll-, Kelch-, Kronen-, Antheren- und Frucht-Blätter, welche die Achse des Pflanzen-Ooids regelmäßig umstehen, haben ein angewachsenes Basal- und ein freies Spitzen-Ende, ihre eigne Längen-Achse ist also ungleich-polig; sie haben eine dem Stengel und dem Lichte zugekehrte Ober- und eine dem Boden und dem

Schatten zugewendete Unterseite von jederzeit abweichendem Bau; auch ihre Dicken-Achse ist daher ungleich-polig; aber ihre beiden Seiten rechts und links sind in der Regel anscheinend gleich und die Queer-Achse daher gleich-polig. Das Verhältniß der drei Achsen zu einander wäre daher ein hemisphenoides, wie wir es bei den Thieren kennen lernen werden. Doch können auch die Blatt-Organe in Anbetracht ihrer Spiral-Stellung eigentlich nie ganz gleichseitig sein und sind es wohl auch nicht, obwohl die Unterschiede zwischen beiden Seiten sich verwischen. Deutlich tritt ihre Ungleichheit jedoch an manchen Polygoneen hervor; oft besonders in dem Falle, wenn ihre Fläche sich in gleiche Ebene mit dem Zweige, wie an den Ulmen, oder wenn das Fieder-Blättchen sich in eine Ebene mit dem gemeinsamen Blatt-Stiele wie bei den Gleditschien legt, wo dann die dem Zweige oder Blatt-Stiele unter spitzem Winkel zugewendete Hälfte des Blattes sich an der Basis meistens verkürzt zeigt. Selbst an den Kelch-Blättern kann man diese Ungleichheit noch zuweilen erkennen, insbesondere bei Rosen. Die Stipulä der Blätter endlich entsprechen wegen ihrer ganz seitlichen Stellung am Blatt-Stiele oft mehr und weniger nur einer Blatt-Hälfte; ihre dreierlei Achsen sind daher alle ungleich-polig. Blüthen, deren Lage nach allen Seiten gleich ist, die von terminaler oder zentraler Stellung sind regelmäßig; die rundum gleichmäßig von andern umgebenen Blüthen einer Dolde, eines Blüthen-Körbchens, eines Büschels sind fast regelmäßig und nach allen Seiten gleich-gestaltet; auffallend unregelmäßige Blüthen haben eine laterale Stellung am Stengel, bilden Ähren, Trauben und Büschel oder nehmen in Dolden und Blüthen-Körbchen (Umbellaten, Syngenesisten, Viburnum u. dergl.) die Peripherie ein. Es ist daher wohl auch nicht zufällig, wenn Schmetterlings-Blüthen nicht einzeln terminal und nur selten in Dolden-Stellung gefunden werden, obwohl sie in Köpfchen-Stellungen u. dergl. schon mitunter vorkommen. Doch, wenn man auch nicht leicht eine wirklich terminale oder in der Mitte einer Dolden-Ebene gelegene unregelmäßige Blüthe findet, so wird dagegen umgekehrt die seitliche Stellung der Blüthe nicht immer so vielen Einfluß auf deren Form gewinnen, um diese unregelmäßig zu machen, denn Natura non facit saltum. Blüthen, welche nicht mehr ihre regelmäßig ovide Form zu behaupten vermögen, in welcher Unten und Oben verschieden, alle Punkte der Peripherie aber gleichwerthig sind, werden jedoch nicht eigentlich unregelmäßig, sondern, als Ganzes betrachtet, hemisphenoid mit einem verschiedenen Vorn und

Hinten und gleichem Rechts und Links; sie besitzen mithin nur zwei ungleich-polige Achsen, aber an den rechts und links stehenden Kelch- und Kronen-Blättern derselben sind alle drei Achsen ungleich-polig, weil auch das Vorn und Hinten noch auf ihre zwei Seiten wirkt. Die vordern und die hintern Kelch- und Kronen-Blätter sind also von einander verschieden, die seitlichen Paar-weise sich gleich. Daß übrigens solche regelmäßige und unregelmäßige Blüthen sich mitunter in einer Familie, ja an einem Individuum (Umbelliferen, Syngenesisten) beisammen finden können, erklärt sich leicht aus dem Umstande, daß deren hemisphenoide Bildung in der Regel keine funktionelle-wesentliche (wie bei den Thieren), sondern nur eine formelle, durch die Anheftungs-Weise der Blüthen bedingte ist, obwohl in manchen Pflanzen-Familien, bei den Orchideen, Papilionaceen, Labiaten, bei Akoniteen u. s. w. die ungleich gebildeten Blüthen-Theile offenbar auch wirklich verschiedene Funktionen in Bezug auf die Generation übernehmen. Die Form der Früchte endlich leidet, da sie aus dem zentralen Theile der Blüthen hervorgehen, weniger von dem Einflusse der Stellung, als die äußeren seitlichen Theile der Blüthe; sie sind oft regelmäßig, wo jene unregelmäßig erscheinen (Labiaten u. dgl.). Am ausgesprochensten ist die Unregelmäßigkeit der Frucht bei sämmtlichen Leguminosen, deren vollständige Bildung fünf Hülsen erforderte (wie sie bei Spiräen, in den Äpfeln der Pomaceen u. s. w. vorkommen), von welchen nur eine vorhanden, gleichviel ob die Blüthe unregelmäßig oder regelmäßig ist.

Was die Zahlen-Verhältnisse betrifft, so gibt es bekanntlich 3-, 4-, 5- und viel-kantige Stengel, so wie Blumen mit 3, 4, 5 Kelch- und Kronen-Blättern, eben so vielen Staub-Fäden und Frucht-Blättern, — oder die Zahlen sind die Zwei- und Mehrfachen davon. Ein, zwei, sieben und neun gleichnamige Theile sind selten und wohl fast immer mit irgend einer Unregelmäßigkeit verbunden, die ein Verkümmern andrer anzudeuten scheint. Vervielfältigen sich jene Grund-Zahlen in einer Blüthe drei-, vier- und mehr-fach, so tritt dann leicht da und dort ein zufälliger oder wohl auch in der Spiral-Stellung begründeter Mangel oder bei luxurirender Bildung ein zufälliger Überschuß ein, so daß seltener die wirklich vorhandene Zahl der theoretisch geforderten genau entspricht. Es ist ferner bekannt, daß in den Blüthen-Theilen der Monokotyledonen die Zahl Drei, in denen der Dikotyledonen die Zahl Fünf mit ihren Vielfachen vorherrschend ist, letzte aber oft auch durch Vier ersetzt

wird. Dreizählige Dikotyledonen sind selten, vier- und fünf-zählige Monokotyledonen scheinen nicht vorzukommen. Wo, wie in den Labiaten, die Vier der Dikotyledonen unregelmäßig gestellt und gestaltet sind, liegt es nahe, die Verkümmerung des fünften der gleichnamigen Blatt-Gebilde zu unterstellen; aber oft, ja fast immer, ist die viertheilige Blume vollkommen regelmäßig (Rubiaceen, Fuchsia u. dgl.) und für primitiv zu achten.

D. Die Thiere.

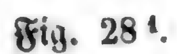
Wir haben oben (S. 39) die Unterschiede zwischen unorganischen und organischen Natur-Körpern im Allgemeinen hervorgehoben; es bleibt uns übrig, nunmehr unter den letzten auch die Thiere den Pflanzen (S. 40—41) gegenüberzustellen. Ernährung und Fortpflanzung mit den letzten theilend, haben die Thiere die Sensibilität, das Vermögen der Empfindung und Bewegung, vor ihnen voraus und sind zu dem Ende noch mit einer Anzahl entsprechender Organe versehen, welche jenen abgehen. Ihre meisten wirklich organischen Bestandtheile sind quaternär, aus Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und verhältnißmäßig wenig Kohlenstoff zusammengesetzt. Nicht nur ihre Säfte, das Flüssige, sondern auch die für sie permeabeln Zellen-Wandungen, das Starre, sind beweglich. Sie haben fast ohne Ausnahme einen Mund und geschlossenen Nahrungs-Kanal, in welchen die organischen Roh-Stoffe geführt werden müssen, aus denen sie ihre Nahrungs-Flüssigkeit schöpfen, während die Pflanzen unorganische Nahrungs-Flüssigkeit unmittelbar von außen einsaugen*). Ihr Wachsthum findet durch Zellen-Bildung in und zwischen den alten Zellen und im Inneren der Organe statt, nicht an deren Peripherie („zentrales Wachsthum"). Eben hierdurch verlieren wir jedoch dasjenige Orientirungs-Mittel, dessen wir uns bei den Pflanzen bedienten, um in allen Lagen das Oben und Unten zu erkennen.

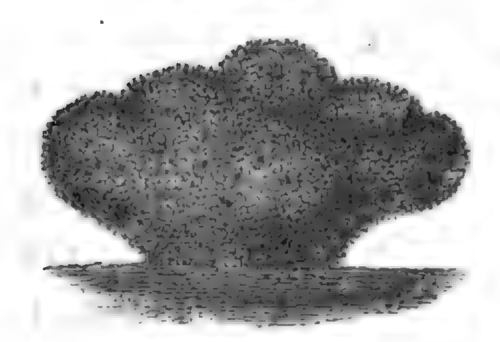
Die Thiere haben Empfindung: sie sind durch ihre Sinnes-Organe befähigt, Wahrnehmungen in der Außenwelt zu machen. Sie haben Bewegung: sie vermögen in Folge solcher Wahrnehmungen und zu bewußter Erreichung bestimmter Zwecke sich von innen aus zu krümmen und zu biegen, sich auszudehnen und zusammenzuziehen, was eben die willkührliche Beweglichkeit der Wände der Zellen und der Zell-

*) Vielleicht der einzige ausschließliche Unterschied?

Gewebe, woraus sie bestehen, voraussetzt. Die allermeisten sind im Stande, nach ihrer Willkühr sogar die Stelle zu wechseln, den Ort zu verlassen, wenn sie nämlich ausnahmsweise nicht festgewachsen sind. Diese Lokomotions-Fähigkeit ist es, welche das Eigenthümliche, das Unterscheidende der Thier-Form bedingt. Da aber das Vermögen des Ortswechsels sich im Systeme aufwärts nur allmählich und stufenweise entwickelt, so muß Dasselbe auch in Bezug auf die Thier-Form geschehen, wenn auch nicht immer genau in gleichem Schritte. Bei der großen Veränderlichkeit ihrer Organisation bleibt nur ein äußeres fast niemals fehlendes Orientirungs-Mittel übrig, der Mund, welcher aber freilich bald unten, bald oben, bald vorn liegt.

Auf der untersten Stufe des Thier-Reiches, bei den sogenannten Pflanzen-Thieren, Phytozoen oder Protozoen, finden wir See-Schwämme oder Spongien, Rhizopoden und Infusorien beisammen. Die Stellung der Spongien (Fig. 28 [1].) im Thier-Reiche ist noch etwas zweifelhaft, obwohl jetzt als ziemlich gesichert anzusehen, da man über dem Nadeln- und Hornfasern-Gefilze, das ihr Gerüste bildet, überall einen schleimigen Sarkode-Überzug, ein allgemeines oder örtliches willkührlich fortdauerndes oder unterbrochenes Einströmen von Wasser durch die kleineren und ein Ausströmen durch die größeren Lücken, eine Ausstoßung von Keimen, die durch Flimmerhaare umhergetrieben werden, wie es freilich auch bei manchen Sarkode-haltigen Algen vorkommt, wahrgenommen hat. Sie sind mit ihrer Unterseite festgewachsen; ihre Gestalt ist mehr und weniger unförmig zylindrisch, Kreisel-artig, knollig, Fächer-förmig u. s. w., daher die Franzosen ihnen den Namen Amorphozoen beigelegt haben. Man kann ganze Hälften von ihnen wegschneiden, ohne Individualität, Form und Leben derselben zu beeinträchtigen. — Die Rhizopoden oder Wurzelfüßer sind zum Theil oder sind in der Jugend unförmige, ebenfalls aus Sarkode bestehende Massen ohne innere Organe, ohne Epidermis, die jede beliebige Form annehmen können (Fig. 29.). Von der Konsistenz einer zähen Flüssigkeit, vermögen sie aus jeder freien Stelle ihrer Oberfläche dicke oder dünne, fadenförmige oder ästige, runde oder breite Fortsätze bis von der 12fachen Länge ihres Körpers auszustrecken, die bei gegenseitiger Berührung sogleich zusammenfließen, Netze bilden und


Fig. 28 [1].


Spongie.

sich später wieder in die gemeinsame Masse zurückziehen können; der ganze Körper, alle seine Theile sind der Fort= und =Rückströmung zu und von diesen Fortsätzen fähig. Die Thiere ziehen die

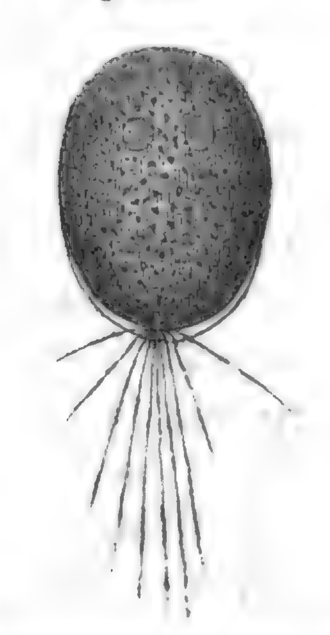
Fig. 29.

a b

Amoeba: nackt, a mit ausgestreckten und b mit eingezogenen Fäden.

mit ihren Fortsätzen in Berührung gekommenen Nahrungs=Stoffe durch Verkürzung an sich, umstricken und umfließen sie von allen Seiten und stoßen das Unverdauliche durch Auseinanderfließen ihrer Masse an irgend einer Stelle wieder aus. Hier ist also nicht einmal einen bleibenden Theil des Körpers zu bezeichnen möglich. Doch meistens, und in späterem Alter fast immer, umgibt sich dieser Körper mit einer kalkigen einzelligen Schaale von einer bei jeder Sippe und Art bestimmten Form, welche am Ende eine größere (Fig. 30.), oder mehre kleinere Öffnungen besitzt und oft überall noch von feineren Löcherchen durchbohrt ist (Fig. 31); dann können jene Fortsätze aus allen diesen Öffnungen hervortreten und sich spurlos wieder zurückziehen. Mit fortschreitendem Alter setzen sich gewöhnlich viele solche schaalige Zellen von unter sich gleicher Beschaffenheit allmählich eine an das

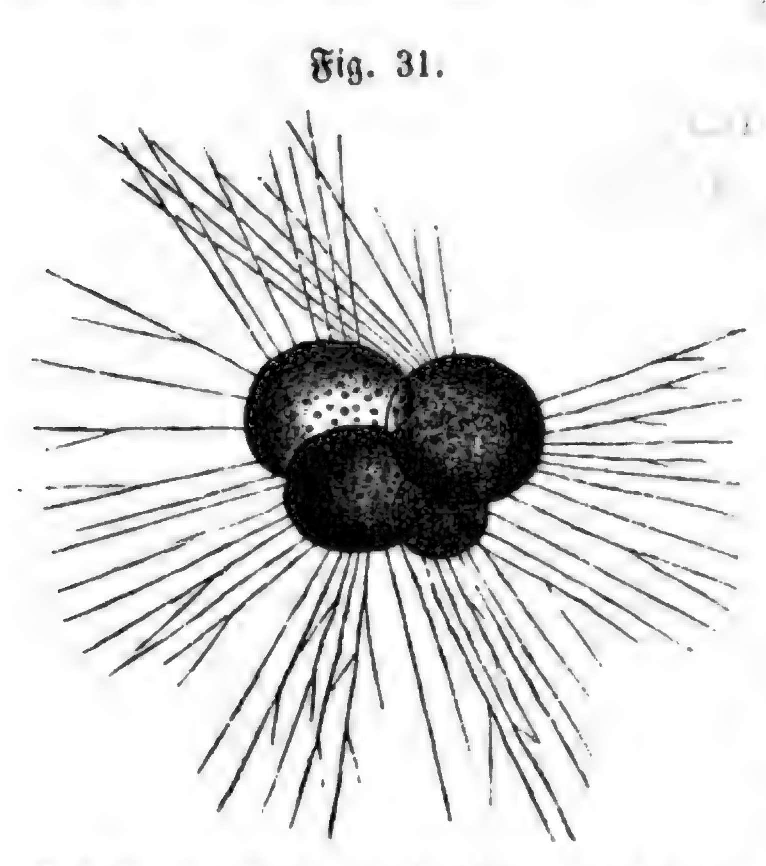
Fig. 30.



Gromia: einzellig, die Fäden durch die Mündung der Zelle ausstreckend.

Ende der andern an, durch die erwähnten End=Öffnungen mit einander kommunizirend; das Thier scheint absatzweise am einen Ende, so wie der Zweig einer Pflanze, doch an seinem dickeren, nicht an dem spitzen Ende, fortzuwachsen. Indessen ist Dieß nur von der starren Schaale erweislich und bei der zerfließlichen Beschaffenheit des Bewohners um so weniger gewiß, als terminales Wachsthum eines ganzen Thieres sonst noch nirgend beobachtet worden ist. Die in erwähnter Weise sich aneinander reihenden Zellen der Rhizopoden bilden bald gerade und bald spirale Reihen, welche eine symmetrische von beiden Seiten gleiche Scheibe bilden oder sich wie eine Schraube (Fig. 31.) bloß nach einer Seite hin aufwinden, also schief gegen einander zu stehen kommen, was mit jeder symmetrischen Form unverträglich ist. Zuweilen bilden sie sogar 2 bis 3 parallele, in gerader oder in schraubenförmiger Richtung verlaufende Reihen, wo die Aneinanderreihung jedenfalls eine schiefe wird, indem nach der ersten Zelle der ersten sich die erste Zelle der zweiten und dann die der dritten Reihe entwickelt, bis dann die zweiten, dann die dritten Zellen aller Reihen nach einander entstehen. Die Zellen bilden alsdann ein gewöhnliches oder ein dreiseitiges Zickzack miteinander. In anderen Fällen (bei den Miliolen) bildet jede Zelle einen halben Kreis=Bogen, deren jeder sich einem gemeinsamen Mittelpunkte entsprechend um die schon früher gebildeten Halbkreise legt, so daß bald der 2., 4., 6., oder der 3., 6., 9., oder der 5., 10., 15. u. s. w. in gleichem Radius aufeinander zu liegen kommen und die Gehäuse hierdurch 2=, 3= oder 5zeilig werden; die Mündung ist immer am Ende des letzten Halbbogens, und nie ist eine solche Lage der Schaale möglich, daß ein Unten und Oben nachweisbar wäre, auch wenn alle Seiten ungleich sind. Bei manchen Familien endlich reihen sich die Zellen in vielen geraden, aber in einer Ebene gelegenen ra=

Fig. 31.



Rotalia: mehrzellig, ungleichseitig, die Zellen spiral aneinander gereiht; Fäden durch Mündung und Poren der Schaale.

dialen Linien, oder in konzentrischen Kreisen einer Scheibe aneinander, zuweilen sogar gleichzeitig 2—3 und mehr Schichten in der Dicke der Scheibe bildend, aus welcher das Thier (denn die alle Zellen erfüllende Masse ist nur als ein Thier und nicht, wie bei den Polypen und Bryozoen, als eine Familie oder Kolonie aus verschiedenen Individuen zu betrachten) seine vergänglichen Fortsätze durch zahlreiche Poren auf beiden Seiten-Flächen sowohl, als aus der Peripherie der Scheibe hervorsendet. In diesem wie in mehren vorigen Fällen kann sich also das Thier auf jeder Seite liegend und nach allen Richtungen hin gleich-gut fortbewegen (Alles ist Vorn und Hinten zugleich), indem dasselbe mit dem Ende seiner Fortsätze sich festklebt und dann durch Verkürzung derselben den Körper nachzieht. In andern Fällen kann Dieß wenigstens ohne Schwierigkeit in verschiedenen Richtungen geschehen. — Auch die Thiere der dritten

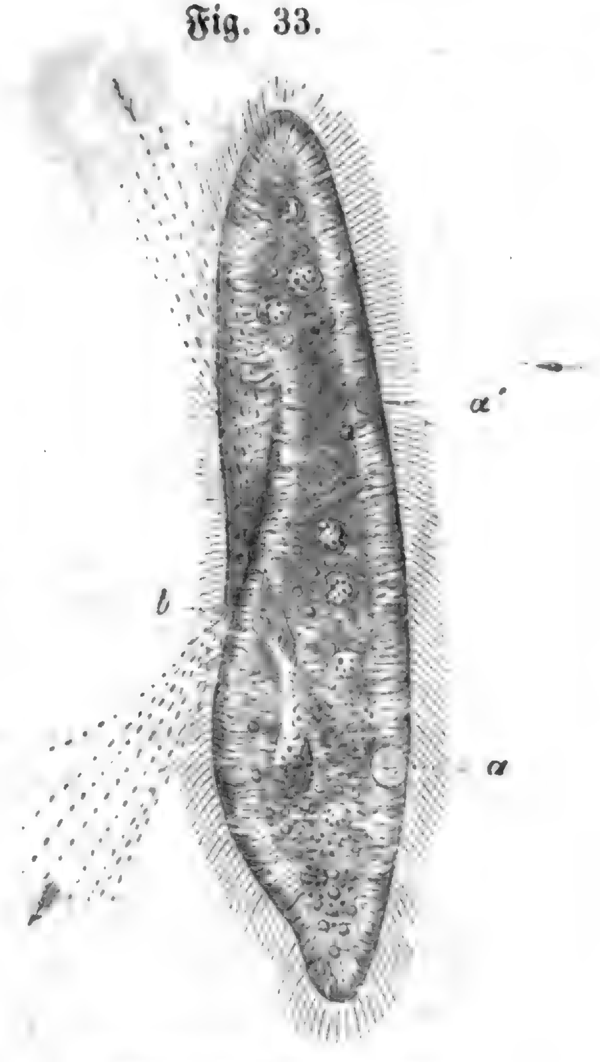
Fig. 32.

Peridinium (Ceratium) macroceras mit Schwimm-Faden [Pflanze?].

Fig. 34.

1. Vorticella; 2. Stylonychia; 3. Chilodon, a Ösophagus, b Keim-Kern?, c kontraktile Blase, d. Speise-Ballen.

Fig. 33.

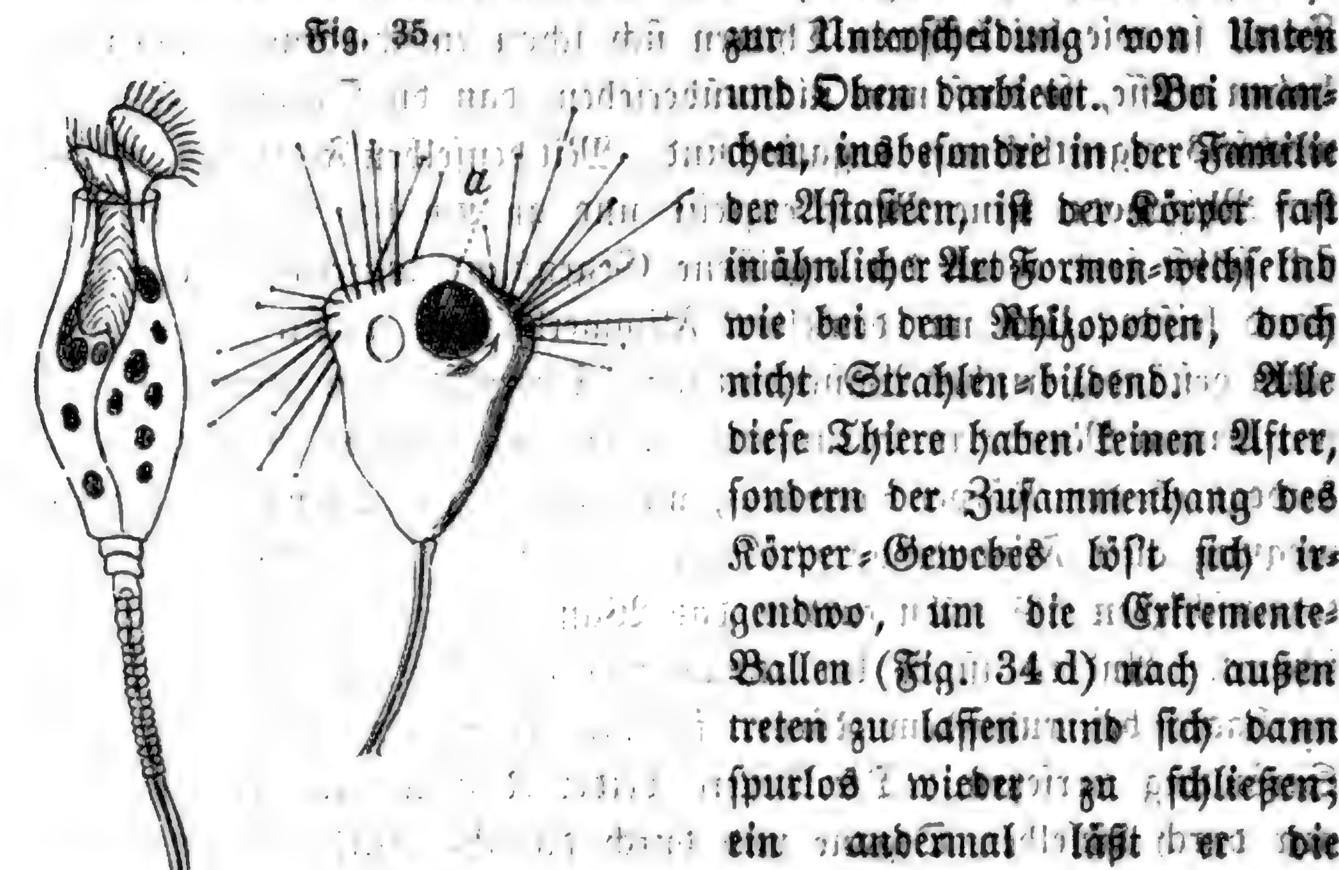


Paramecium caudatum. [Planaria-Larve?]

Klasse, die meistens des Ortswechsels fähigen Infusorien (von welchen wir jedoch die Diatomaceen zu den Pflanzen verweisen, während einige andre Gruppen derselben nur noch eine zweifelhafte

Stelle behaupten) sind von der manchfaltigsten Formen-Verschiedenheit: Kugel-, Ei-, Walzen-, Spindel-, Scheiben- und Becher-förmig (Fig. 32, 33, 34, 35), zuweilen selbst hemisphenoid, aber großentheils in einer etwas unsymmetrischen Weise. Manche, wohl mit Unrecht dazu gerechnet, haben nicht einmal einen Mund, mit dessen Hülfe man das Vorn bestimmen könnte (Fig. 32). Bei andern läuft der Mund von dem beim Ortswechsel vorderen Pole des Körpers aus in einseitiger Spalten-Form schief rückwärts gegen das hintere Ende (Fig. 33 b), so daß er keine Mittel-Linie irgend einer regelmäßigen Form mehr bezeichnen kann, während der übrige Umfang des Körpers keinerlei Mittel mehr zur Unterscheidung von Unten und Oben darbietet. Bei manchen, insbesondre in der Familie der Astasieen, ist der Körper fast in ähnlicher Art Formen-wechselnd wie bei den Rhizopoden, doch nicht Strahlen-bildend. Alle diese Thiere haben keinen After, sondern der Zusammenhang des Körper-Gewebes löst sich irgendwo, um die Exkremente-Ballen (Fig. 34 d) nach außen treten zu lassen und sich dann spurlos wieder zu schließen; ein andermal läßt er die Exkremente wieder an einer ganz andern Stelle auf dieselbe Art entweichen. Doch haben manche eine derbere Chitin-artige Haut oder einen Panzer; ein Augen-Fleck oder eine Art Schwanz kann zur Orientirung beitragen, wie im Inneren eine oder einige Orts-wechselnde helle kontraktile Blasen (34 c, 35) und ein dunkler Keim-Kern (35 a) von unsymmetrischer Stellung fast überall vorkommen. Sie bewegen sich schwimmend vor- wie rück-wärts und können meistens dabei jede Seite nach unten und oben wenden; ja manche rollen im Wasser wie eine Kugel seitwärts oder vorwärts um sich selbst. Diese Bewegung wird gewöhnlich durch Flimmerhaare vermittelt (Fig. 33, 34), welche bald die ganze Oberfläche bedecken, bald kreisförmig den Kör-

Fig. 35.



Epistylis nutans und ihre Acineten-Form; bei a der sich drehende Embryo.

per umgeben, bald mit dem Munde schief herablaufende Streifen bilden. Einige Kreisel-förmige Gestalten sitzen einen Theil ihres Lebens hindurch mittelst ihrer Unterseite an einem Stiele fest (Fig. 34[1]., 35.). Also auch hier wie bei den zwei vorigen Klassen ist die Gestalt der Thiere theils im Individuum und theils wenigstens in der Gesammtheit derselben so unregelmäßig oder so wechselvoll, daß es für diese Klasse nicht möglich ist, eine gemeinsame Grund-Form festzuhalten, mögen die Thiere nun festsitzende, oder auf fester Unterlage fortbewegbare (Fig. 34, rechts), oder schwimmende (Fig. 32, 33) sein. Wenn man sich aber aus dem Lokomotions-Vermögen der zwei letzten zur Erwartung berechtigt glaubt, daß wenigstens bei ihnen durch dasselbe die Hemisphenoid-Form so wie bei höheren Thieren sich schon entschiedener ausgeprägt haben müsse, so darf man nicht übersehen, daß die Organe des Orts-wechsels eigentlich nur negative sind. Mit denselben Fortsätzen, womit der Rhizopode seine Beute ergreift und an sich heranzieht, zieht er sich selbst fort, wenn der ergriffene Gegenstand hinreichenden Widerstand leistet. Und mit denselben Flimmerhaaren, womit das Infusorium beständig frisches Wasser mit seiner Oberfläche und frische Nahrung mit seinem Munde in Berührung zu bringen bemüht ist (Fig. 33 b), bewegt es den Körper vorwärts, weil dieser, wenigstens bei der Bewegung aller Flimmerhaare in einer Richtung, im Wasser leichter fortzuschieben als selbst ruhend das Wasser in Strömung zu bringen scheint. Anders ist es bei etwas größeren Thieren, wo die Flimmerhaare bei ruhendem Körper flüssige Stoffe an und in ihm in Strömung versetzen. Die Thiere beider Klassen bewegen sich also nur durch dieselben Organe und durch dieselbe Wirkung auf trägere Körper vorwärts, durch welche sie eben so gewöhnlich leichtere und bewegliche Körper an sich heranziehen, ein Verhältniß zwischen beiderlei Funktionen, das so verschwommen wie hier bei höheren Thieren nie auftritt. In Betracht der großen Unregelmäßigkeit und Unstätheit, welche in der Grund-Form dieser untersten Abtheilung des Thier-Reiches vorkommt, könnte man das ganze Unterreich der Protozoen auch Amorphozoen nennen, statt diesen Namen auf die Spongien zu beschränken.

Abweichend gestalten sich die Verhältnisse jedoch bei den Strahlen-Thieren oder Aktinozoen*), wo der in den Nahrungs-Kanal

*) Vielleicht müssen ihnen auch die Polycystinen beigezählt werden, deren Organisation aber noch zu wenig bekannt ist. Ihrer meist quaternären Radial-

übergehende Mund, das alleinige nothwendig einzählige Organ, auf- oder ab-wärts gekehrt einen Pol der vertikalen Achse des Thier-Körpers einnimmt, die übrigen mehrzähligen Organe aber sich in der Peripherie darum lagern*). Gewöhnlich sind sie in vier- oder fünf-facher Anzahl, oder auch zwei- und mehr-mals vier- bis fünf-fach, vorhanden und umstehen in konzentrischen Kreisen und zugleich strahlenförmig geordnet den Mund, fast wie die Staubgefäße, die Kronen- und Kelch-Blätter einer Blume das Ovarium. So sitzen äußerlich (so weit solche vorhanden) die Kinnladen, die Fang-Arme und ihre Anhängsel, die Reihen der Saugfüßchen, die Genital-Öffnungen, die Augen 4- bis 5zählig um den zentralen Mund an einem Trichter- oder Schirm-förmigen, an einem Walzen-, Melonen- oder Stern-förmigen Körper. Der After mag nun vom Munde getrennt sein oder nicht, immer bedingt die Anwesenheit des Mundes eine abweichend polare Beschaffenheit des Mund-Endes des Körpers von dem ihm am andern Pole der senkrechten Hauptachse gegenüber liegenden After-losen oder mit einem After versehenen Ende desselben. Die augenfällige Form der Aktinozoen ist daher wie bei den Pflanzen ein Ooid, in den meisten Fällen jedoch mit einer verdeckten oder offenen Hinneigung zum Hemisphenoide**) und in dieses um so mehr übergehend, je höher entwickelt im Übrigen das Strahlen-Thier ist. Wir wollen eine Reihe der wichtigsten Fälle näher betrachten, ohne eine erschöpfende Darstellung aller Einzelnheiten zu bezwecken, und dabei mit den einfachsten Verhältnissen beginnen.

Die Ooid-Form der Aktinozoen kann A) nur dann vollkommen sein, wenn die After-Öffnung entweder mit der Mund-Öffnung vereinigt ist, oder an dem ihr entgegengesetzten Pole der Achse ihre Stelle finden kann; denn alle übrigen Organe können sich mehrzählig und

---

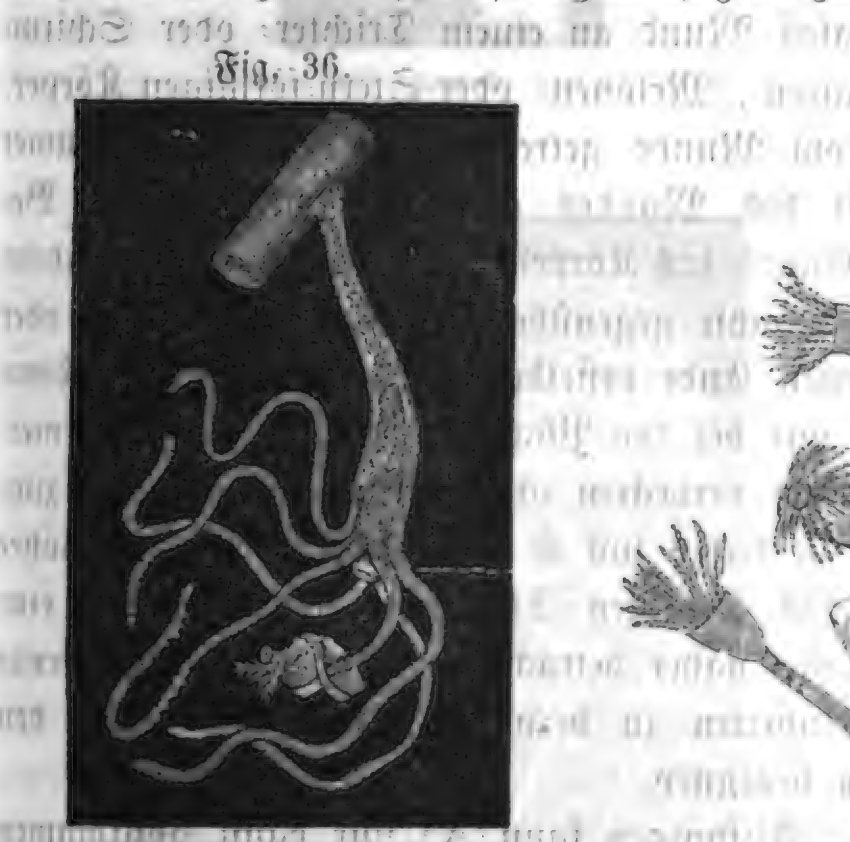
Bildung nach wären es Aktinozoen; aber ihre Organisation scheint tiefer zu stehen, als bei diesen.

*) Man hat die Strahlen-Thiere auch als „reguläre" bezeichnet, wie uns scheint, in einem willkürlich beschränkten Sinne des Wortes. Auch Sphenoide, Walzen, Würfel sind „reguläre" Körper.

**) Man hat die hemisphenoiden Thiere auch „symmetrische" genannt, indem man auch dieses Wort in einem willkührlich beschränkten Sinne anwendete, da ein „Gleichmaaß" ja auch zwischen je 3, 4, 5 Theilen eines Körpers bestehen kann. Um diesem Einwande zu begegnen hat man dann den Ausdruck „bilateral-symmetrisch" oder „bilateral" angewendet; aber dieser Ausdruck bezieht sich dann nur auf das zwischen beiden Nebenseiten bestehende Gleichmaaß, ohne auf die viel wichtigere Verschiedenheit zwischen Vorn und Hinten, Unten und Oben Bezug zu nehmen.

ohne Störung der Symmetrie um den Mund lagern. 1. Der erste Fall tritt ein a) bei unmittelbar oder mittelst eines Stieles festsitzenden Strahlen-Thieren, wo der Mund die obere Seite einnimmt. Hier ist ein regelmäßiges Ovoid nur möglich, wenn Mund und After oben vereinigt sind, weil der Stiel sich an dem untern Pole ansetzt. So bei den Scheiben- und Trichter-förmig gestalteten Polypen mit 6—8zähligem Strahlen-System und bei den zum Theil vierstrahlige Quallen erzeugenden Hydroiden (Hydra Fig. 36., und Sertularia Fig. 37.), welche von ständigen äußeren Organen nur Arme besitzen. Auch bei einigen äußerlich regelmäßigen Haar-Sternen oder Kri-

Fig. 36.



Hydra: abwärts-hängend, einen Fang in einem Arme; der Mund im Grunde zwischen den Armen gelegen.

Fig. 37.



Sertularia.

noideen (vergl. Encrinus liliiformis Fig. 38. folg. S.), deren After noch nicht bekannt ist, könnte derselbe mit dem Munde vereinigt sein, obwohl es wahrscheinlich, daß derselbe so, wie in den bekannten Fällen, klein in der Nähe des zentralen Mundes liegt. — b) Bei den frei-schwimmenden Scheiben-Quallen oder Medusen, wo die vereinigte Mund- und After-Öffnung im unteren Mittelpunkte des Glocken-förmigen Körpers liegt, von welchem dann bald vier einfache oder verzweigte Tentakel-förmige Mund-Lappen (Stomobranchium cruciatum und Hippocrene Bougainvillei Fig. 39, folg. S.), bald vier Arme (Meduse, Fig. 40.)

hinabhängen und die 4zähligen Genital=Theile über und zwischen sich nehmen. Auch die Lappen des Magens, die Augen=Punkte und Fangfäden am Rande pflegen vier=zählig zu sein. Diese Thiere

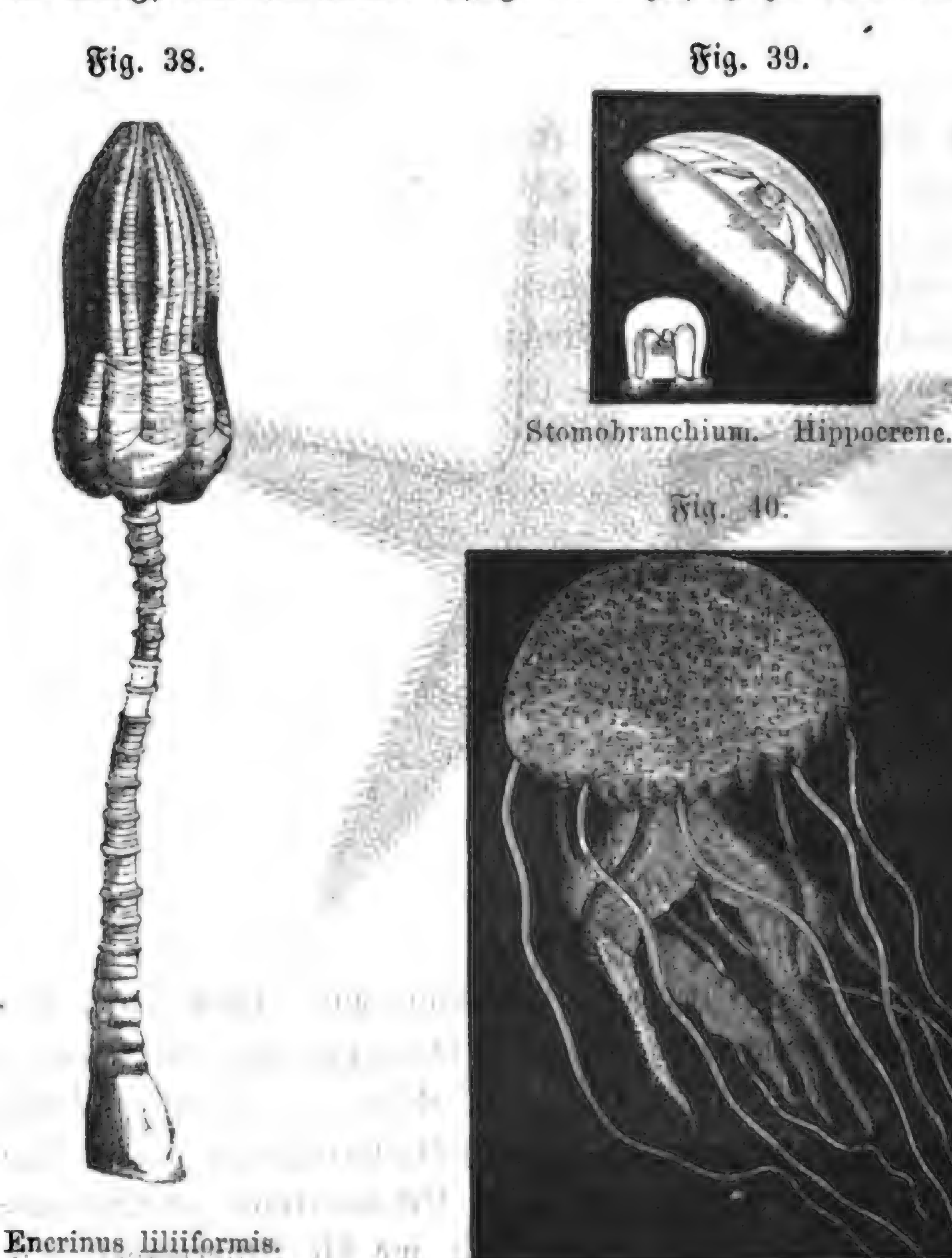


Fig. 38.

Encrinus liliiformis.

Fig. 39.

Stomobranchium. Hippocrene.

Fig. 40.

Meduse.

erhalten sich im Wasser schwebend, indem sie durch taktmäßiges Zusammenklappen der Glocken=förmigen Scheibe das Wasser unten hinausstoßen; und sie bewegen sich nach einer Seite vorwärts, indem sie dabei den Scheitel=Punkt der Scheibe nach derselben Seite einsenken; Jede Seite des Körpers kann dabei vorangehen. Und eben so ist es bei fast allen übrigen Orts=wechselnden Aktinozoen. c) Bei den auf fester Unterlage sich bewegenden Ophiuriden und einigen eigentlichen Asteriaden fehlt der After ebenfalls; aber es ist eine einzählige erzentrisch gelegene „Madreporen=Platte" am Rücken neben dem Rande der Scheibe (Astero=

pecten Fig. 41, am rechten Rande) oder neben dem Munde vorhanden, ein Sieb-artig durchlöchertes Täfelchen, durch welches die Thiere das Wasser einnehmen, das durch ein eignes Wassergefäß-System den

Fig. 41.

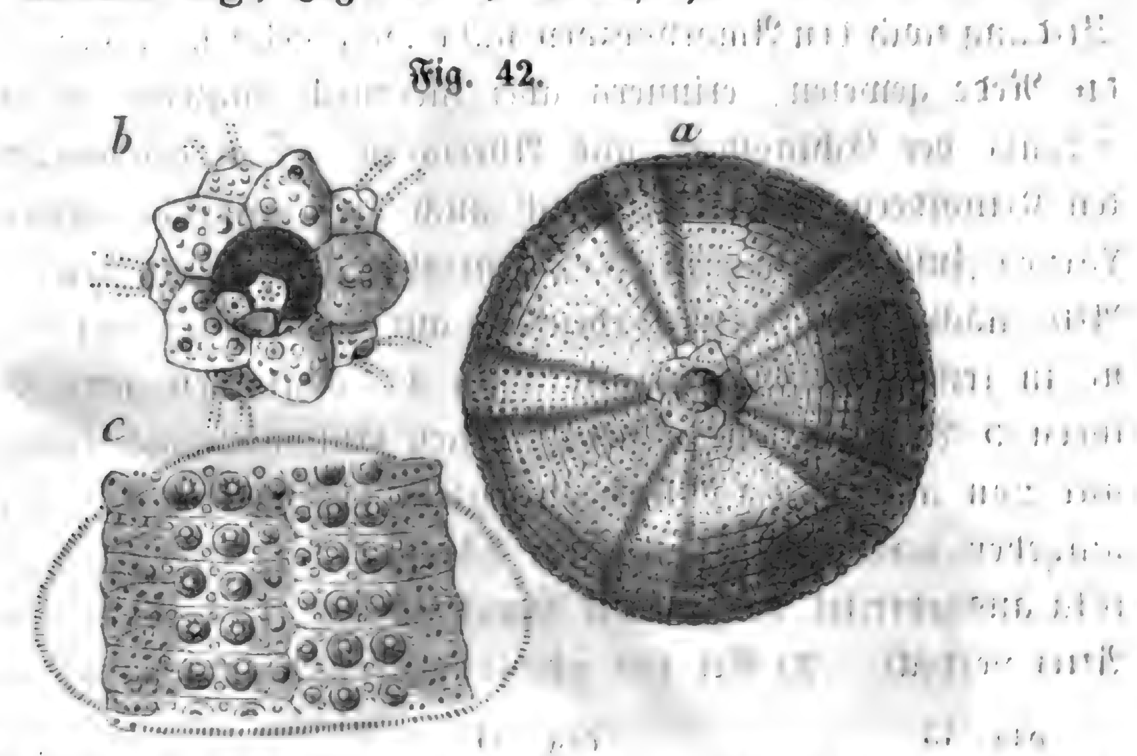


Asteropecten.

häutigen Röhrchen oder Pedizellen zugeführt wird, durch deren Einspritzung, Ausstreckung und sofortige Ansaugung und Wiederzusammenziehung bei allen Echinodermen der Körper, von aufgerichteten Stacheln gehoben, langsam und schwerfällig fortgezogen wird. Diese Madreporen-Platte liegt zwar bei allen Echinodermen zwischen zwei Armen oder deren Äquivalenten; aber da, wo die Anwesenheit eines erzentrischen Afters die Hinterseite festzustellen gestattet, scheint sie zwar bei weitem am öftesten, aber doch nicht immer dieser Hinterseite zu entsprechen. Ihre Lage hinten oder an der Seite ist mithin für den Organismus selbst gleichgültig, weshalb wir die durch sie bewirkte Unregelmäßigkeit des Ooides mehr als eine formelle, denn als eine funktionelle betrachten. — 2. Der After kann an dem dem Munde entgegengesetzten Pole nur bei nicht festsitzenden Thieren auftreten, und zwar geschieht Dieß bei einigen Familien der Asteriaden im engeren Sinne des Wortes und bei der großen Familie der Cidariden unter den Echinoideen. Bei beiden liegt die schon erwähnte Madreporen-Platte auf der Rücken-Seite, bei letzten insbesondere ganz

dicht am After. Sie füllt hier zugleich die Stelle eines der fünf Genital-Täfelchen aus, welche in einem Kreise die oben in der Mitte des Rückens gelegene After-Öffnung umgeben, in Wechselstellung mit den fünf Okular-Täfelchen, die einen zweiten Kreis bilden (vergleiche Salmacis bicolor Ag., Fig. 42 a, b, rechts).

Fig. 42.



Salmacis bicolor Ag.: a von oben, b die 2 den After umgebenden Kreise von Genital- und Okular-Täfelchen, vergrößert; c der Profil-Umriß; und darin ein mittles Stück eines Fühler- und Zwischenfühler-Feldes mit den Fühlerporen-Reihen, vergrößert.

B. Dagegen nähert sich die Ooid-Form durch verschiedene Modifikationen dem Hemisphenoide: 1) nothwendig bei allen mit einem Stiele und getrenntem After versehenen Blastoideae, Cystideae und Crinoideae, wo der Stiel mitten in der Unterseite eingefügt, der Mund ihm gegenüber aufwärts gerichtet ist. Der After, für welchen keine zentrale Stelle mehr frei ist, tritt hier überall gänzlich auf die Oberseite über, wo der Mund sich befindet, und eine durch den zentralen oder subzentralen Mund und den exzentrischen oder zuweilen fast randlichen After gezogene Linie theilt den Körper meistens in zwei gleiche oder fast gleiche seitliche Hälften mit einem durch die Lage des Afters angedeuteten Hinten, das übrigens bei Thieren ohne Ortswechsel nicht funktionell bedeutsam ist. Doch weichen die beiden Hälften durch ungleiche Vertheilung der den Körper umkleidenden Täfelchen oft von einander ab. Noch größer wird diese Ungleichheit bei den genannten Gruppen dadurch, daß die bei den fossilen Cystideen als Genital-Mündung gedeutete Öffnung ebenfalls einseitig von jener Halbirungs-Linie zu liegen pflegt, daß die den Mund und After umstehenden meist fünfzähligen, doch öfters auch zu 2, 3,

9 oder 17 vorhandenen Arme sich ungleichmäßig vertheilen, oder daß Poren-Rautenflächen, durch welche Greif-Füßchen hervorzutreten scheinen, in ganz unsymmetrischer Lage am Körper vorkommen, so daß man auch hier noch darauf verzichten muß, ein Gleichmaaß der Körper-Form zu ermitteln. Auch diese Wesen stehen daher durch ihre asymmetrische Bildung noch den Amorphozoen nahe, von welchen vorhin (S. 52–57) die Rede gewesen, erinnern aber hierdurch zugleich an die Jugend-Stände der Echinoideen und Asteriaden. Den gewöhnlichen gestielten Krinoideen gleich verhält sich auch die Comatula unsrer Meere im Larven-Zustande, wo sie, den zentralen Mund und den exzentrischen After nach oben gewendet, ebenfalls auf einem Stiele sitzt, von welchem sie in reifem Alter sich ablöset. Fig. 43. zeigt diese gestielte Larve mit ihren 5 Arm-Paaren in verschiedenen Entwickelungs-Zuständen, doch nur von außen; der Mund und seitliche After liegen von den Armen umgeben und versteckt; in Fig. 44. sind die Arme der reifen Comatula ausgebreitet, der zentrale Mund sichtbar, doch der daneben liegende After verdeckt. 2) Bei den schwimmenden Rippen-Quallen (Fig. 45.)

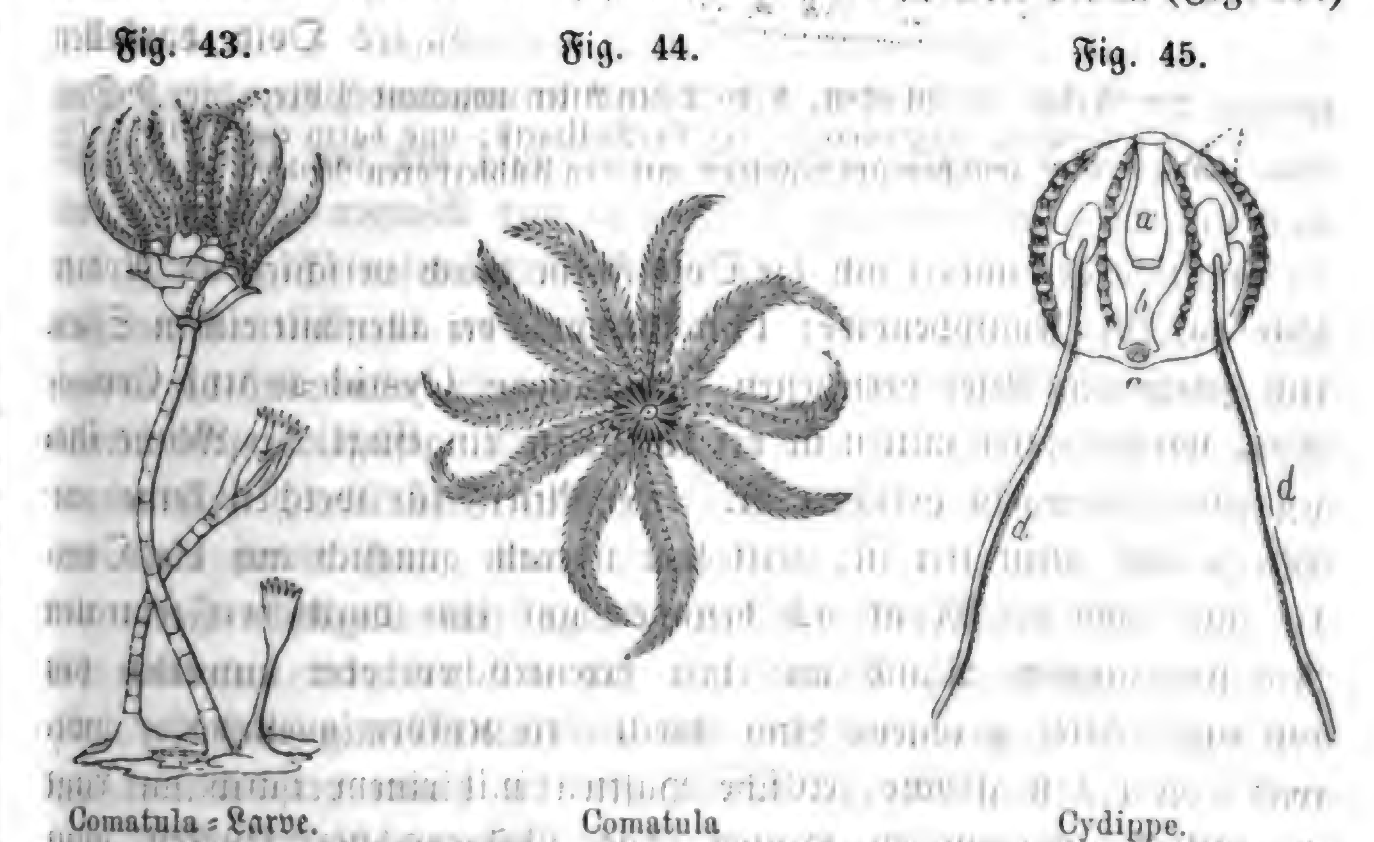


Fig. 43. Comatula-Larve. Fig. 44. Comatula. Fig. 45. Cydippe.

erkennen wir einen in der senkrechten Achse des ovoiden Körpers gelegenen unteren Mund c, eine Verdauungs-Höhle b und einen damit in innerem Zusammenhang stehenden „Trichter" a im oberen Pole*); die dem Ortswechsel dienenden Blätter-Reihen liegen ge-

*) Die Angaben der Autoren lauten indeß verschieden; die einen verlegen den Mund-, die andern den Trichter-Pol unten hin.

wöhnlich 4= bis 8zählig in meridianaler Richtung von Pol gegen Pol, einer gleichen Anzahl von Geschlechts=Organen im Innern entsprechend; aber zwei große zur Bewegung und zum Greifen dienende Arme d d oder Band=förmige Lappen stehen an zwei Seiten des Körpers, welcher hierdurch, formell genommen, zwei=und=zwei=seitig wird, ohne daß jedoch diese paarweise Differenzirung der Seiten dem Thiere hinsichtlich des Ortswechsels u. dergl. schon von sichtlich funktionellem Vortheile sein könnte. Dieser kann erst durch eine wirklich hemisphenoide Form erreicht werden, welche aus der ooiden hervorgehet entweder dadurch, daß Mund und After aus ihrer zentralen Stellung der eine nach vorn und der andere nach hinten heraustreten, wie bei vielen Echinoideen, oder daß der ooide Körper sich waagerecht umlegt und eine seiner Seiten zur beständigen Bauch=Fläche wird, wie wir es bei den kriechenden Holothurien geschehen sehen. 3) Die Echinoideen, auf fester Unterlage sich fortbewegend, zeigen manchfaltige Umgestaltungs=Stufen. Während die Cidariden ein bis auf die schon erwähnte Madreporen=Platte und die Salenieen ein bis auf 1—2 fernere kleine Scheitel=Täfelchen regelmäßiges Ooid darstellen, woran der After im oberen, der Mund im unteren Pole, die 5 Ovarial= und die 5 Augen=Täfelchen regelmäßig um den After gelagert sind und die 5×xzähligen Pedizellen= und Warzen=Reihen in meridianaler Richtung gegen den Mund herablaufen (Fig. 42.), verläßt bei den Clypeastroiden und Cassiduliden der After seine Zentral=Stelle und nähert sich dem hintern Rande, ohne auf die übrigen Symmetrie=Verhältnisse störend einzuwirken. Endlich geht derselbe bei den Spatangoiden hinten auf die Unterseite über, während der Mund aus seinem unteren Zentrum mehr nach vorn rückt und die fünf Ambulakren oder Fühler=Gänge eine ungleiche Form und Richtung annehmen, indem einer sich als vorderer unpaarer von den vier paarigen unterscheidet und oft rinnenförmig einsenkt, während von den fünf Genital=Öffnungen die hintre verschwindet und so das hintre den After enthaltende Interambulakral=Feld noch mehr von den übrigen differenzirt. Dabei bleibt aber der Seeigel in seiner Fortbewegung noch immer mit seiner bisherigen Mund= oder Unter=Seite nach unten, mit der bisherigen Rücken=Seite nach oben gewendet und kehrt keine seiner Seiten vorzugsweise nach vorn. Erst 4) bei den Holothurien (Fig. 46.), welche den Mund ebenfalls noch im einen, den After im anderen Pole des fünfseitig walzenförmigen Körpers mit Meridian=artig vertheilten Ambulakren

oder Pedizellen-Streifen behalten, legt sich der Körper waagerecht um, allmählich erscheint eine der fünf Seiten bleibend als die untre, wird blasser, flacher als die übrigen und mit besser entwickelten Pe-

Fig. 46.



Pentactes: mit ausgestreckten Tentakeln und Pedizellen.

dizellen versehen; der Mund bleibt beim Ortswechsel nunmehr immer voran, und so wird der vertikale regelmäßig ovide Körper der Polypen und Medusen, ohne formell seinen ursprünglichen Grund-Plan zu verläugnen, funktionell ganz allmählich in das waagerechte Hemisphenoid mit verschiedenem Vorn und Hinten, verschiedenem Unten und Oben, aber gleichem Rechts und Links übergeführt, welches die drei höheren Thier-Kreise schon in ihrer Grund-Anlage charakterisirt.

Indessen müssen wir nochmals auf die Thatsache bei den Aktinozoen zurückkommen, daß der Mund bei den mit dem unteren Pole festsitzenden Typen, den Polypen und Krinoideen, seine Stelle im oberen Pole der Achse einnimmt, bei den frei beweglichen Echinodermen und Medusen aber gewöhnlich im unteren Zentrum liegt, Comatula ausgenommen, welche im reifen freien Zustande den Mund aufwärts gerichtet behält, wie sie ihn im gestielten Larven-Zustande besessen. Es entsteht daher die Frage, ob in jenen beiden Fällen, der Anheftung und des freien Ortswechsels nämlich, der Mund seine Stellung zum Thiere, oder das Thier seine Stellung in Beziehung zum Boden wechsele. Die Echinodermen scheinen darüber keine unmittelbare sichere Auskunft zu geben, da außer Comatula bei unseren lebenden Typen kein erläuternder Wechsel während ihres Lebens eintritt. Dagegen entstehen bekanntlich aus mit dem Rücken festsitzenden Knospen Polypen-artiger Wesen von der Familie der Tubularien schwimmende Medusen aus der Abtheilung der Nacktaugen, die den Mund gleich den übrigen Schirm-Quallen nach unten tra-

gen, dann aber, wenn sie ihre Eier abgesetzt haben, ihren hängenden Schirm mit den randlichen Armen nach entgegengesetzter Richtung über den bisherigen Rücken emporschlagen, mittelst der Rand-Arme sich auf fester Unterlage ankleben und darauf sogar voranschreiten, wodurch also der vergrößerte Flaschen-förmige Mund nach oben zu stehen kommt, wie es Dujardin an Sthenyo und Cladonema gesehen hat, deren Lebens-Stadien er in einem Glase voll See-Wasser jahrelang verfolgte. van Beneden dagegen stellt uns eine aus dem Eie der damit nahe verwandten Campanularia entstandene schwimmende Meduse mit herabhängendem Flaschen-förmigen Munde dar, welche dann, wie im vorigen Falle, den Hut mit seinen Rand-Armen Trichter-förmig in die Höhe schlägt, mit dem offenen dünneren Ende der Mund-Flasche sich festsetzt und am Grunde des Trichters, der ersten durch die Anheftung nun geschlossenen Mund-Öffnung diametral gegenüber, einen neuen Mund öffnet, um wohl als Polypen-artiges Wesen seine weiteren Umgestaltungen zu durchlaufen. Wir hätten also dort einen Fall von Umwendung des reifen Thieres gegen den Boden, welcher bereits an mehren Arten und Sippen beobachtet worden ist, hier ein Beispiel von Versetzung des Mundes aus einem Pole in den andern; doch steht diese letzte Beobachtung bis jetzt noch vereinzelt. Auch Vorticella unter den Infusorien (Fig. 34, 35, S. 55 ff.) lös't sich, nachdem sie ihren Trichter an seiner Anheftungs-Stelle mit einem Wimpern-Kranze umgeben hat, vom Stiele ab und schwimmt umher, so daß die bisherige Anheftstelle vorn und die Trichter-Öffnung mit dem Munde hinten ist, eine ausnahmsweise Lage, wie er sie jedoch auch bei schwimmenden Medusen, Salpen und Cephalopoden annimmt, wenn sie durch Ausstoßung von aufgenommenem Wasser aus dem Hute oder dem Mantel sich voranbewegen. — Auch die Zurückführung der liegenden Holothurien auf die vertikalen Echinodermen bietet Schwierigkeiten für die Feststellung der Homologie der Theile dar. Der vorwärts gewendete Mund ist von einem Kranze kräftigerer kalkiger Basal-Täfelchen eingefaßt, wie solche bei den Echinoideen am unten-ständigen Munde und bei den Krinoideen an der Anheftungs-Stelle des Körpers an den Stiel, also an zweierlei Polen, vorkommen, um die darauf ruhenden Tafel-Reihen zu tragen; neben diesem Kranze zeigen sich aber auch noch die einzählige Genital-Öffnung und die Madreporen-Platte, welche bei den übrigen freien Echinodermen immer dem Rücken angehören und bei den Cidariden dem Munde fast polar gegenüber liegen. Der After nimmt

den hinteren Pol der Holothurien ein. Ist nun in diesem Falle anzunehmen, daß jene zwei Organe zum Munde, oder daß der Mund zu ihnen gekommen sei und den After an's andere Ende des Körpers verwiesen habe? Ungeachtet der nahen Verwandtschaft zwischen den Holothurien und den übrigen Echinodermen scheint es der Lehre von den Homologie'n noch nicht möglich, diese Frage mit Sicherheit zu lösen.

Obwohl indessen die Strahlen-Thiere die räumliche Grund-Form mit den Pflanzen gemein und wir derselben hier wie dort die Benennung Ooid beigelegt haben, so bleiben uns doch einige wesentliche Verschiedenheiten zwischen den beiderseitigen Ooiden hervorzuheben, die in der Anordnung ihrer Theile gefunden werden, sobald man einmal auf eine etwas nähere Betrachtung der Grund-Form eingeht. Die gleichnamigen Theile des Thier-Ooides sind nämlich so geordnet, daß sie vom Mund-Pole aus radial oder selbst bis zum entgegengesetzten Pole hin meridianal verlaufen, während die des Pflanzen-Ooides vom Niveau des organischen Mittelpunktes der Achse an nach einer oder mehren spiral zum oberen Pole hin verlaufenden Linien geordnet sind, mag nun auch die Spiral-Stellung mitunter und namentlich in den Blatt-artigen Bestandtheilen der Blüthen in die wirtelständige übergehen (S. 47 ff.). Dieser Unterschied ist ein sehr wesentlicher, da er der ganzen Wachsthums-Weise der Natur-Körper beider Reiche entspricht. Indem die Thiere nämlich ein sogen. zentrales, die Pflanzen ein peripherisches Wachsthum besitzen, vergrößern sich jene durch Ausdehnung der anfänglich vorhandenen Theile in ihrer Masse selbst, diese durch Ansatz neuer Theile in der Peripherie und am auffallendsten am Ende der alten. Alle Blatt-förmigen Organen-Arten entstehen nach einander, bis endlich in den Frucht-Blättern der Niveau- und Zeit-Unterschied gänzlich verschwindet. Überhaupt aber sind die Spiral-Stellungen dem Thier-Reiche fremd; Schrauben- oder Tau-artige Drehungen sind nur an wenigen wirklichen Organen, öfters jedoch an Theilen von unorganischer Zusammensetzung mit peripherischem Wachsthume zu finden. Zu jenen gehören die Spiral-Faser, welche die Tracheen der Insekten umwindet, und die Spiral-Klappe im Darme mancher Fische, von welcher sogar die knolligen Exkremente einen äußeren Eindruck an sich tragen und hierdurch einen für das Thier-Reich so fremdartigen Habitus annehmen, daß sie im Fossil-Zustande von den Paläontologen lange Zeit für Lärchen-Zapfen gehalten worden sind. Dahin ist ferner zu zählen der Achsen-Theil, um welchen sich die kalkige Spiral-Schaale einiger Muscheln (Diceras u. s. w.)

und aller Schnecken bildet, welcher indessen weit weniger spiral zu sein pflegt, als diese letzten, weil sie sich beim Fortbau der Spirale immer mehr in die letzten Umgänge des Gehäuses vorzuziehen pflegen. Zu den Gebilden mit meist unorganischer Mischung gehören außer den schon erwähnten Schaalen der Stoß-Zahn des Narwals und in minderem Grade vielleicht des Elephanten und die Horn-Scheiden mancher Antilopen, während die Hörner anderer Antilopen-Arten, der Ziegen und der Schaafe sich nicht Seil-artig drehen, sondern in einer Ebene Sspiral-artig fortwachsen. Aber alle diese zuletzt-genannten Werkzeuge wachsen von ihrer zuerst entstandenen Spitze gegen die dickere Basis fort; hier setzen sich immer wieder die neuen Theile an und schieben die Spitze immer weiter von ihrem Entstehungs-Punkte weg, während bei den Pflanzen die Spitzen wachsen*). So ist das Wachsthum dieser letztgenannten Theile zwar ein peripherisches wie bei den Pflanzen, aber ein basales statt terminales (die Basis ist ihr Ende) und ein unipolares statt bipolares. Bloß spiral zusammengerollte Theile (die Schleudern in den Nessel-Organen der Medusen ꝛc.) oder Thiere (Trichina ꝛc.) kommen wohl noch öfters vor, haben aber mit der gegenwärtigen Untersuchung so wenig Zusammenhang, als die gleichzeitig entstehenden Spiral-Reihen der Schuppen bei Fischen und Reptilien. — Um übrigens das thierische Ovid mit radialer Entwickelung von dem Pflanzen-Ovid mit spiraler Fortbildung (dem Strobiloide, S. 44) auch dem Namen nach zu unterscheiden, kann man das erste als **Aktinioid** bezeichnen, welcher Name nicht nur an die radiale Bildung (zumal der Aktinozoen) überhaupt erinnert, sondern, da er vom Polypen-Namen Actinia abgeleitet ist, auch die Ungleichheit der Ober- und Unter-Seite zu bezeichnen geeignet ist.

Im Ganzen genommen können wir mithin das Ergebniß unserer Untersuchungen über die Grund-Form der Aktinozoen dahin aussprechen, **daß dieselbe Ovid- oder Aktinioid-Form sei, und mit vollkommen werdendem Lokomotions-Vermögen allmählich in die hemisphenoide (S. 70) übergehe, welche aber keineswegs mit solcher fortschreitenden Vervollkommnung gleichen Schritt halte**, sondern durch verschiedene Einflüsse bedingt

*) Die nicht spiralen Geweihe der Hirsche dagegen wachsen durch Vermittelung der sie überziehenden Bast-Haut vorzugsweise an der Spitze fort; die Enden oder Zacken kommen an der schon mehr erwachsenen Geweih-Stange erst allmählich zu Vorschein und Ausbildung.

sich bald rascher und bald langsamer als jenes entwickele, ein schwankendes Wechsel-Verhältniß, wie es zwischen den einzelnen Funktionen und Organen-Systemen des Thier-Reiches überhaupt überall hervortritt. — Wie jedoch auf den untersten Entwickelungs-Stufen der Krinoideen (Cystideen), Medusen (Röhren-Quallen) und vielen Echinoideen (im Larven-Zustande) diese Aktinioid-Gestalt noch vielfältig dem amorphen Verhalten des untersten Thier-Kreises entspricht, so zeigt sie bei anderen reifen Echinoideen und zumal bei den Holothurien den Übergang in die Hemisphenoid-Form, ohne aus dem Grund-Plane jener Form hinauszutreten und daher auch ohne eine wesentliche funktionelle Erleichterung des Ortswechsels.

Auf eine bedeutend höhere Stufe erheben sich in formlicher Beziehung die Weich-, Kerb- und Wirbel-Thiere in Folge ihrer geänderten Grund-Form und meist freieren Lokomotions-Fähigkeit, sei dieselbe nun eine schwimmende in gleich schwerem, eine fliegende in viel leichterem Medium, oder eine gehende auf fester Unterlage. Die Lokomotions-Organe können nur dann zur Bewegung zweckmäßig eingerichtet sein und energisch wirken, wenn sie eigenthümlich für ihren Zweck geschaffen sind, wenn sie statt auf allen nur auf einer Seite liegen, um gleichzeitig zu arbeiten, und wenn sie das Thier vorzugsweise nur nach einer Richtung fortbewegen, so daß ein und dasselbe Ende des Körpers immer das vordere ist: Bedingungen, welche bei den Aktinozoen alle unerfüllt geblieben. Und an diesem nämlichen Ende des Thieres müssen auch die Sinnes- und Mandukations-Organe und der Mund sich befinden, um alle Ziele der Bewegung, die Beute, die Nahrung und die drohende Gefahr oder den Gegenstand seiner Brunst zu erspähen, einen passenden Aufenthalts-Ort und ein günstiges Futter-Revier zu entdecken. Durch die bleibende Vereinigung des Mundes und der Sinnes-Werkzeuge, oft auch der Mandukations-Organe an demselben Körper-Ende wird auch eine stärkere Zusammenziehung des Nerven-Systemes in derselben Gegend nothwendig; es bildet sich ein Kopf immer selbstständiger aus, und so ist für die Thiere der drei oberen Kreise ein bleibendes bestimmtes Vorn durch den Kopf, ein ihm gegenüberstehendes Hinten gewöhnlich mit dem After gegeben. Aber der Körper muß durch seine Bewegungs-Organe nicht allein voranbewegt, er muß auch gestützt, gehoben und getragen werden. Mag er schweben im leichteren Medium, wo er ohne angemessenen Lokomotions-Apparat zu Boden sinken müßte, oder gehen auf fester Unterlage, immer müssen die voran-bewegenden

Organe zugleich nach unten wirken, zwischen dem Körper und dem Boden angebracht ersten auf letztem stützen, oder mehr an der Seite und am Rücken befestigt durch eine abwärts schlagende Bewegung das Schwimmen und Fliegen vermitteln. Es gibt also bei allen diesen Thieren auch ein festes bleibendes Unten und Oben, obwohl ausnahmsweise Carinaria unter den Pteropoden, einige Turbellarien und Lungen-Gastropoden und Notonekta unter den Insekten auf dem Rücken schwimmen. Nur Rechts und Links bleiben einander in der Regel gleich, da im Begriffe des Thieres als solchem, da in den allen Thieren gemeinsamen Eigenschaften und Funktionen kein Motiv zu einer weiteren Unterscheidung dieser zwei Seiten vorliegt, eine wesentliche Verletzung dieser Gleichheit auch nur auf Kosten der Leichtigkeit und Schnelligkeit des Ortswechsels stattfinden könnte. Die Grund-Form der drei oberen Thier-Kreise ist also vorn und hinten verschieden, unten und oben verschieden, rechts und links gleich. Man kann sie, wie in den meisten Krystallen, auf drei unter rechtem Winkel sich schneidende Achsen, welche aber nicht, wie dort gewöhnlich, gleichpolig sind, sondern wovon die zwei wichtigsten, die Längen- und die Höhen-Achse verschiedene und nur die Queer-Achse gleiche Pole besitzen. Sehen wir uns nach einer geometrischen Form um, welche die genannten Eigenschaften in sich vereinigt, so finden wir den passenden Ausdruck dafür etwa in einem der Länge nach halbirten Keile, einem solchen nämlich, der auf waagerechter Grund-Fläche ruhend oben rückwärts ansteigt, mithin unten und oben, hinten und vorn verschieden und nur rechts und links gleichseitig ist. So kann man die höhere oder charakteristische Grund-Form der Thiere halbkeilartig, hemisphenoid, und die manchfaltigen äußeren Erscheinungen derselben Hemisphenoide (S. 58) nennen*). Zwar gibt es auch unter diesen hemisphenoiden Gestalten, unter Muscheln, Schnecken, Würmern und Krustern noch einige, welche festgewachsen sind. Von vorn her sind es die Ascidien, vom Rücken aus die Brachiopoden und Cirripeden, durch einen von der Bauch-Seite ausgehenden Byssus die Mytilazeen, mit einer Seite die Ostrazeen. Aber diese Thatsachen vermögen den hemisphenoiden Grund-Typus, welcher nun

*) Wir haben bisher, das Unpassende wohl einsehend, doch der Kürze zu Liebe den Ausdruck Keil und Sphenoid gebraucht. Ein waagerecht liegender ganzer Keil ist aber nicht nur rechts und links, sondern auch unten und oben gleich; wir müssen uns daher bei dieser schärferen Erörterung des Gegenstandes doch zum längeren, weil richtigeren Ausdruck bequemen.

einmal der Gesammtheit der drei höheren Thier-Kreise eigenthümlich ist, eben so wenig mehr wesentlich zu ändern, als die, wie schon erwähnt, mitunter eintretende Ungleichheit der zwei Seiten, oder die geringere Differenzirung der Ober- und Unter-Seite bei manchen Rundwürmern, oder die Versetzung des Mundes mitten an die Unterseite des Körpers bei den Planarien unter den Strudel-Würmern (Fig. 47.). Es sind Zufälligkeiten, die eine einzelne Art oder Familie u. s. w. betreffen, ohne daß deren Grund-Typus hierdurch zerstört würde. Aber es ist bemerkenswerth, daß solche in der Form minder entwickelten Thiere überall die untersten Stufen ihres Kreises, ihrer Klasse oder Ordnung bilden, und daß die zweifache Anheftung der Acephalen mittelst des Rückens oder des Bauches nur wiederholt, was wir bei den Krinoideen und Medusen schon kennen gelernt haben (S. 65). Doch richtet sich dem ungeachtet bei Brachiopoden und Lepaden der Mund nicht mehr aufwärts wie bei den Krinoideen, sondern bleibt waagerecht oder abwärts gerichtet.

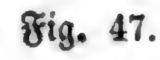
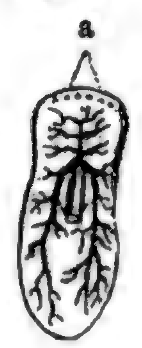


Fig. 47.



Planaria: mitten der Rüssel und verästeltem Darm; bei a die Augen

Ein näheres Eingehen auf die einzelnen Verhältnisse eröffnet uns manche ansprechende Beziehungen, von welchen wohl einige einer Hervorhebung werth sind. Wie in den höchsten Aktinozoen, den Holothurien nämlich (S. 65, Fig. 46), das ruhende Aktinioid sich schon auf eine seiner fünf Nebenseiten umlegt, um in ein Orts-wechselndes Hemisphenoid überzugehen, so schieben sich auch auf Seiten der Malakozoen und Entomozoen selbst noch einige vermittelnde Übergangs-Modifikationen ein. So zunächst eine ruhende oder fast ruhende Zwischenform, welche selbst wieder tiefer als das umgelegte Aktinioid steht: die festsitzenden Bryozoen als die unvollkommenste Form der Malakozoen. Sie besitzen die Form kleiner Polypen mit einem Tentakel-Kranze um den Mund, weshalb sie auch lange Zeit mit den Polypen unter gleichem Namen zusammengefaßt geblieben sind. Aber dieser Kranz ist immer etwas eingebogen, weil die Thiere in der Richtung ihrer Achse hinter ihm fortzusprossen pflegen und bei dem Munde eine exzentrische After-Öffnung steht, so daß der Hemisphenoid-Typus, wenn auch in der Form wenig deutlich, doch jedenfalls in der Potenz erhalten bleibt. Unter den Eingeweide-Würmern dagegen finden wir die Akanthocephalen und Cestoideen mit ihrem Kopfe im Darme höherer Thiere festsitzen. Erste sind dreh-

rund ohne Unten und Oben, am Kopfe mit einem Haken-Kranze und am Hinter-Ende mit der Geschlechts-Öffnung versehen, und würden daher einer gestreckt ovoiden Form entsprechen, wenn sich nicht wenigstens im Innern des Körpers zwei noch räthselhafte aber gleiche Band-artige Organe zur Rechten und zur Linken zeigten. Die Cestoideen besitzen vorn am Kopfe ebenfalls einen runden Haken-Kranz oder acht unter sich gleiche und mit Widerhaken versehene Fäden, sogenannte Rüssel, und dahinter vier oder seltener zwei seitliche Saugnäpfe (Fig. 48.) Der Körper ist plattgedrückt, gegliedert, und bei mehren Sippen stehen die Genital-Öffnungen am rechten und linken Rande der Glieder vertheilt. In diesem Falle sind also Rechts und Links, aber auch Unten und Oben unter sich gleich und können sich auch, da die Thiere ihren Ort nicht (Acanthocephalen) oder nur wenig wechseln, einander vollkommen ersetzen. Auch bei einigen anderen Würmern tritt diese Form auf, welche sich von der hemisphenoiden dadurch unterscheidet, daß die Verschiedenheit von Unten und Oben mangelt, weshalb man dieselben mit einem ganzen Keile oder etwa mit einem Pfeile vergleichen könnte, bei welchem Rechts mit Links, Unten mit Oben ebenfalls übereinstimmen. Dieß wäre dann eine Sagittal-Form der Thiere, um den früher in anderem Sinne gebrauchten Ausdruck Sphenoid-Form zu vermeiden.

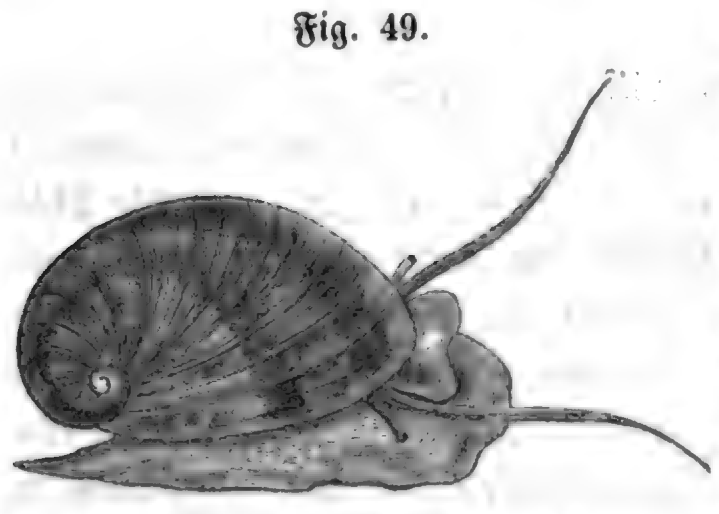
Fig. 48.



Taenia. Kopf mit Haken-Kranz und den zwei vorderen der vier Saugnäpfe.

Man könnte wohl einen Augenblick daran denken, in der Ungleichseitigkeit des Hemisphenoides der ungleichklappigen Muscheln, der Schrauben-artig gewundenen Rhizopoden (Fig. 31.) und der zugleich mit einseitiger Athmungs-, After- und Genital-Öffnung versehenen Schnecken (Fig. 49., 50.), wie der mit einseitigen Augen, Mund und Brust-Flossen versehenen Pleuronekten oder Flundern (Fig. 370.) oder des unsymmetrischen Schädels der Narwale, Delphine und Orang-Utangs eine noch weitere Differenzirung des

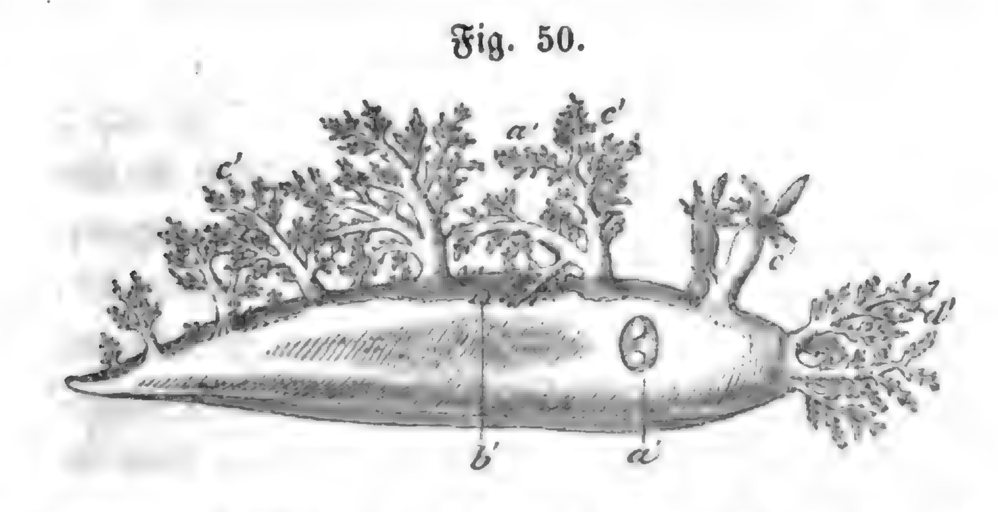
Fig. 49.



Nerita polita mit seitlich gewundener Schaale.

Hemisphenoides, eine noch höhere Grund-Form, als dieses letzte ist, zu entdecken. Aber theils ist diese Art von Asymmetrie gerade in dem unvollkommensten der drei Kreise, bei den Malako-

Fig. 50.



Tritonia Ascanii. d' Fühler, c'c' Kiemen symmetrisch, frei auf dem Rücken, a' Genital-, b' After-Öffnung seitlich ($^1/_2$ Gr.)

zoen am gewöhnlichsten, wo auch die Sippen mit rechts-gebildeten Arten zuweilen links-gebildete enthalten und die gewöhnlich rechts-gewundenen Arten zuweilen links-gerichtete Individuen einschließen so daß sich die besondere Bedeutung der einen gegen die andere Seite hierdurch wieder ausgleicht. Man bemerkt ferner, daß sich durch solche einseitige Bildung die verschiedenen davon berührten Thier-Gruppen zwar je ihrem besonderen Zwecke besser anpassen, daß aber keine Funktion überhaupt dadurch zu einer höheren Vollkommenheit gesteigert werde, daß die Asymmetrie der angewachsenen Austern und anderen Muscheln theils von ihrer Anheftung herrührt und theils wenigstens ihrer festeren Seiten-Lage entspricht, daß die der Schnecken großentheils von ihrer noch kriechenden Bewegung und ihrem Gehäuse bedingt ist, welche die sonst auf der Mittellinie des Bauches Platz-findenden Öffnungen von dort ausschließt, daß die ungleiche Entwickelung der zwei Nebenseiten des Körpers überhaupt nur mit mangelnder, langsamer oder unvollkommener Bewegungs-Weise verbunden sein kann, wie Das in der That bei Rhizopoden, Muscheln, Schnecken und Flundern überall der Fall ist. Die Differenzirung der zwei Hälften des Inzisiv-Beines ermöglicht allerdings nur allein die Entwickelung einer so mächtigen Waffe, als der Narwal in seinem Stoß-Zahne besitzt; bei Delphinen und Affen ist aber ein Zweck der Ungleichseitigkeit des Schädels kaum abzusehen. — Wichtiger und in gewisser Weise dem bei den Holothurien erwähnten Vorgange entgegengesetzt ist die Veränderung, welche die Grund-Form noch im

Kulminations-Punkte des ganzen Thier-Reiches am Menschen erfährt, indem sich das waagrechte Hemisphenoid wieder aufrichtet und, wenn auch nicht in der inneren Anlage, so doch in der äußeren Geltung Oben zu Hinten, Vorn zu Oben und Unten zu Vorn macht, eine Veränderung, die für diesen vollkommensten aller Organismen allerdings von den wichtigsten Folgen ist.

So beginnen also die Thiere wie die Pflanzen in den untersten Verzweigungen ihres Systemes mit amorphen Bildungen; unstät im Individuum wie in dem ganzen untersten Kreise lassen sie ein Ringen nach der Form erkennen, welche erst in dem Grade zur charakteristischen Entwickelung kommen kann, als auch die Haupt-Funktionen beider Reiche auftreten: dort die Generations-, hier die Nerven-Thätigkeit. Auf zweiter Stufe, als Aktinozoen, nehmen die Thiere die Ooid-Form der Pflanzen an, indem sie oft noch so wie diese ganz unbeweglich festgewachsen sind, oft aber sich nur wenig und in allen Richtungen gleich unvollkommen bewegen können. Aber diese Ooide unterscheiden sich von den pflanzlichen durch ihre gleichzeitig radiale statt successiv spirale Entwickelung. Wenn auch schon früher hier und da schwach durchbrechend, so tritt die hemisphenoide Grund-Form der Thiere doch erst auf der dritten Stufe des Systemes charakteristisch hervor. Aber diese Stufe, die Weich-, Kerb- und Wirbel-Thiere umfassend, ist die bei weitem zahlreichste an Formen, indem die Amorphozoen nur 0,02, die Aktinozoen kaum über 0,01 aller Arten des Systemes liefern, so daß auch in numerischer Beziehung die Hemisphenoid-Form die charakteristische bleibt.

So abgeschlossen nun im Ganzen die Grund-Formen der Mineralien von äußeren Einflüssen zu sein scheinen, so sehr lassen dagegen die Ooid-Form der Pflanzen und die Hemisphenoid-Form der Thiere von ihren amorphen und aktinioiden Anfängen an den Ausdruck der Art von Wechsel-Beziehung dieser Organismen zu der sie umgebenden Außenwelt erkennen. Diese Wechsel-Beziehungen sind Ernährung und Orts-Wechsel; die von äußeren Bedingungen unabhängigeren, den höchsten Zwecken der beiderlei Organismen selbst entsprechenden Funktionen sind Fortpflanzung und Empfindung. Die Pflanzen, mit Ernährung und Fortpflanzungs-Vermögen allein begabt, bedürfen für ersten Zweck der Befestigung durch ihre Wurzeln im Boden, und diese bedingt die Ooid-Form; die Thiere, um zwei Haupt-Funktionen reicher, stehen mit der Außenwelt durch Ernährung und Lokomotion

in Wechsel-Wirkung, und beide zusammen so wie die Lokomotion als die höhere Funktion insbesondere bedingen die Hemisphenoid-Form. So werden wir also auch späterhin die Spuren der verschiedenen Wirkung verschiedenartiger äußerer Existenz-Bedingungen für die Organismen bei den Pflanzen in den Ernährungs-Organen, bei den Thieren in diesen und den Bewegungs-Organen vorzugsweise zu suchen haben.

E. Die vier Natur-Reiche.

Nach diesen Untersuchungen über die vier Natur-Reiche im Einzelnen können wir das allgemeinste Ergebniß in tabellarischer Übersicht vergleichend zusammenstellen:

Natur-Körper.	Unorganische Reiche. Leblose Körper ortswechselnde **Welten**	ruhende **Mineralien**	Organische Reiche. Belebte Körper unbewußte, ruhende **Pflanzen**	bewußte, meist ortswechselnde **Thiere**
Grund-Formen: vorzugsweise bedingt durch die Natur	Sphäroide	Prismoide	Strobiloide	Hemisphenoide
	der bildenden Kräfte		der äußeren Existenz-Bedingungen	
Kräfte . . .	Attraktion	Affinität	Vitalität	Sensibilität
Stoff- und Atom-Verbindung	Gemenge	Gemische binär	Gemische meist ternär	Gemische meist quaternär
	Metalle vorherrschend		Kohlenstoff vorherrschend	
			Stickstoff-arm	Stickstoff-reich
	ohne Stoff-Wechsel		Sauerstoff ausscheidend	Kohlensäure ausscheidend
Entstehung durch	Urbildung		Fortpflanzung	
Wachsthums-Art und -Richtung	durch Juxtaposition konzentrisch	nach 3-4 Achsen	durch Intussusception peripherisch	zentral
Nahrung	keine . . .		unorganisch	organisch

Die weiteren Modifikationen der typischen Pflanzen- oder Thier-Form erfolgen von nun an nicht mehr durch Veränderungen in den geometrischen Beziehungen des Ooides und Hemisphenoides, sondern nach anderen mit ihrer organischen Beschaffenheit im Zusammenhang

stehenden Gesetzen, deren weitere Verfolgung eben den Hauptzweck dieser Blätter bildet. Als Mittel künftig bequemerer und sicherer Verständigung müssen wir aber sogleich eine tabellarische Übersicht der systematischen Gliederung beider Natur-Reiche hier folgen lassen, nur nach ihren Hauptzügen und ohne vorerst auf die Modifikationen und selbst Abweichungen einzelner untergeordneter Gruppen von den zur Klassifikation verwendeten Charakteren eingehen zu können, deren genauere Berücksichtigung und vollständige Aufzählung vielmehr die Aufgabe der Hand- und Lehr-Bücher bildet.

Was zunächst das Pflanzen-System (S. 77) betrifft, so haben wir der nachstehenden Übersicht nur noch die Bemerkung vorauszusenden, daß zwar mehre ausgezeichnete Botaniker die kryptogamischen Gefäß-Pflanzen bisher zu den Monokotyledonen gerechnet haben, daß es aber wohl um so angemessener sein wird, sie künftig, wenn eine Benennung von den Kotyledonen entlehnt werden soll, als Akotyledonen zu bezeichnen, da jener Kotyledonen-Charakter wenigstens sehr zweifelhaft ist, während dagegen dieser letzte Name für die Agamen, die also gar keinen Embryo haben, überhaupt nicht recht passend ist. Im Übrigen kann in dieser Tabelle überall nur auf das typische Verhalten, nicht auf die einzelnen untergeordneten Abweichungen Rücksicht genommen werden. Die Gymnospermen nennen wir Lepidochlamideae, weil ihre Genitalien mit noch nicht Kreis-ständigen Schuppen verbunden; die Monokotyledonen aber Homochlamideae, weil Krone und Kelch noch kaum wesentlich verschieden sind. Die übrigen Namen sind bereits bekannt.

Die systematische Übersicht des Thier-Reiches nach seinen hauptsächlichsten Verschiedenheiten folgt unmittelbar darauf (S. 78—80). Ihre Erklärung wird sich theilweise erst aus dem späteren Texte ergeben. In Bezug auf die dort gebrauchte Benennung Kerbthiere oder Entomozoa bemerken wir, daß wir solche den wohl sonst üblichen Namen Gliederthiere oder Arthrozoa vorziehen, theils weil sie auf Entomon, Insectum, beruhend schon leicht durch sich selbst verständlich wird, theils weil ja auch die Wirbelthiere eben so gut als die meisten Insekten Gelenk- oder Glieder-Thiere sind, während bei den Ringel-Würmern zuletzt gar nicht mehr von Gliederung, sondern nur noch von Einkerbung die Rede sein kann. Das Wort Ringel, Kerbe, Einkerbung, Kerbthiere weiset bestimmt auf das äußre Haut-Skelett hin; die Ausdrücke Gelenk, Gelenkthiere, Gliederthiere sind zweideutig und oft selbst minder treffend.

Systematische Übersicht des Pflanzen-Reiches.

1) Grund-Typus.							2) Generation.		3) Blätter.	4) Klassen und Ordnungen.	5) Kreise	
Grundform	Grund-Blüthe / zahl Kotyl.		Zellgewebe und	Gefäß-Bündel	Wurzeln	Stengel, Blätter	Samen	Blüthe	Stellung, Geäder		nach Samen	nach Blüthen
a	b	c	d	e	f	g	h	i	k l	m	n	o
Leib oder Stammtheile	Dicotyledoneae	Part. flor. 5-4 (6-2) × x	Plantae vasculares De C. — Pl. Exogeneae	fasciculis (1) succedaneis (a) definitis	vorhanden	Plantae foliosae De C. s. Cormophytae Endl.	Seminiferae	Phanerogamae spermatozoidiis nullis	gewirtelt wie die Blumen-Theile u. Kotyledonen, oder spiralständig; — meist gestielt; — mit Mittel- u. Seiten-Nerven; netzaderig.	Dichlamydeae s. Corolligerae . Gamopetalae . Choristopetalae; Monochlamydeae s. Calyciflorae	Dicotyledoneae: Angiospermae	Heterochlamydeae
	Dicot. Polycotyl.	partes florales ∞							gegen-, wechsel- oder spiral-ständig; kaum gestielt; parallel-aderig;	Coniferae; Cycadeae	Gymnospermae	Lepidochlamydeae
	Monocotyledoneae	partes floral. 3 × x	Pl. Endogeneae	(b) indefinitis					(sitzend) wechselständig, scheide-artig wie der Kotyledon; — ohne deutlichen Mittelnerv; — paralleladerig.	Symphysogynae; Eleutherogynae	Monocotyledoneae	Homochlamydeae
	Acotyledoneae	p. flor. indeterminat. (4?)		(2) simultaneis			Sporiferae — Enallogonae	Cryptogamae — sp. manifestis	spiralständig; meist parallel- oder gabel-aderig; Mittelnerv wenig oder nicht entwickelt; Blätter zuweilen fast ganz fehlend.	Vasculares . Rhizocarpeae . Lycopodiaceae . Filices . Equisetaceae; Cellulares . Musci . Hepaticae	Cryptogamae: Foliosae	Achlamydeae
unentwickelt		unentwickelt	Plantae cellulares De C. — Pl. evasculares	(3) nullis	fehlen	Aphyllae s. Thallophytae	. . . . ?	sp. (nullis?) manifestis	unentwickelt	Terrestres . Fungi . Lichenes; Aquaticae . Algae	Aphyllae	

Systematische Übersicht
der
Unterreiche oder Kreise des Thier-Reichs.

11) Kreise	Spondylozoa Wirbelthiere	Entomozoa Kerbthiere	Malocozoa Weichthiere	Actinozoa Strahlenthiere	Amorphozoa Pflanzenthiere
10) Blut	roth	weiß (unvollkommen) und kalt			fehlend
9) Gefäß-System	geschlossen; mit Saugadern	selten eigentlich geschlossen; ohne Saugadern			fehlend
8) Mund-Gebiß mit	vertikalem Unterkiefer	(meist) wagrechten Kiefern	veränderlich und unvollkommen	konzentrisch	keines
7) Skelett	innres Knochen-Skelett; normal mit 2 Fuß-Paaren u. Schwanz	äußres Haut-Skelett; normal mit 3-8 (0) Fuß-Paaren	Skelett, Gliederung, eigne Bewegungs-Organe fehlen; meist ungleichseitig; ein Mantel.	Perisom getäfelt, gepanzert oder fleischig, meist mit Arm- oder Tentakel-Kranz um den Mund	kein Arm-Kranz
6) Nerven-System	◯	◯	◯	◯	◯
5) Kopf u. Zunge	vorhanden			fehlend	
4) Vorherrschende Organen-Systeme	des animalen Lebens		des vegetativen Lebens		
3) Fötal-Zustände: Dotterblase	liegt ventral	meist dorsal	vertikal; sub-zentral	zentral	
Primitiv-Theil	die Dotterblase abschnürend		nicht abschnürend		
Entwickelung	beginnt: einseitig mit einem Primitiv-Theil (Würmer ausgenommen)			(Würmer incl.) rund um den Dotter zugleich	
2) Grundzahl	paarig (2 × x)			fünf-, vier-fältig	schwankend
1) Grundform	hemisphenoid			aktinioid	amorph

(Die Zeilen dieser Tabelle sind in jedem Kreise von unten auf zu lesen.)

Merkmale	Klasse	Kreis
Vermehrung durch saugende Junge; Haut fast stets behaart; 4 Füße oder 2 Flossen	Säugthiere	V. Wirbelthiere.
Vermehrung durch Eier; Haut befiedert; 2 Füße und 2 Flügel	Vögel	
Blut warm; Herz vierkammerig.		
Blut kalt; Herz meist 3kammerig; Haut beschuppt oder nackt; Eier; 4—0 Füße	Reptilien	
Athmen durch Lungen; Saugadern sich immer mehr ausbreitend; Nase perforirt.		
Athmen durch Kiemen; Blut kalt; Herz 2kammerig; Saugadern 0; Nase blind; Haut beschuppt; Flossen; Eier	Fische	
Fuß-Paare 3: Fühler 1 Paar; Augen 2 zusammengesetzte und 3—0 einfache	Hexapoden	IV. Kerbthiere.
Fuß-Paare 4; Fühler 0; Augen einfach 12—0 . .	Arachnoideen	
Fuß-Paare ∞ gleiche; Fühler 1 Paar; Augen einfach ∞—0	Myriopoden	
Athmung durch innere Luft-Kanäle und -Säcke.		
Füße gegliedert, (3) 5—∞ ungleiche Paare; 4(—2) Fühler; 2 meist zusammengesetzte Augen . . .	Kruster	
(Anhang	Rotatoria)	
Füße ersetzt durch gleichartige Paare ungegliederter Borstenhöcker; Fühler 2—0; Augen einfach, viele bis 0	Ringelwürmer Annulata	
Athmung durch Kiemen;		
Gliederung vollkommen.		
Gliederung unvollkommen oder 0; Athmungs-, Bewegungs-Organe und Fühler 0 — frei im Wasser	Glattwürmer	
— Parasiten .	Entozoen	
Kiemen 2—4 in sackförmigem, vorn offnem Mantel; Mund von 8—10 Armen umstellt; Körper- u. Kiemen-Herz	Cephalopoden	III. Weichthiere.
Kiemen (besondre) fehlen?; vorn am Körper 2 Flossen	Pteropoden	
Fuß fehlend; schwimmend; meist fast gleichseitig.		
Fuß kielförmig; Kiemen, meist vorhanden am Rücken, bedeckt; Form oft gleichseitig	Heteropoden	
Bewegung schwimmend (doch Heteropoden und Pteropoden unvollkommner als die Gastropoden organisirt).		
Bewegung kriechend auf breiter Fuß-Sohle*); meist mit einseitiger spiraler Schaale; Mantel dorsal, am Fuß offen	Gastropoden	
Kopf, bezähnte Zunge und (meist) Augen vorhanden.		
Fuß fast immer vorhanden; Kiemen 2 freie Blätter jederseits unter dem Mantel; 2—4 Lippen-Taster; Schaale meist gleichklappig, ungleichendig mit elastischem Schloß-Band; Herz 1	Lamellibranchier	
Fuß 0; Kiemen dem Mantel von innen angewachsen; 2 gefranste Arme am Munde; Schaale meist ungleichklappig u. gleichendig ohne Band; Herzen 2—4	Brachiopoden o. Palliobranchier	
Schaale zweiklappig; Mantel zweilappig.		
Schaale und Fuß 0; ein Mantel umschließt das Thier mit Ausnahme zweier Öffnungen und bildet eine weite Kiemen-Höhle vor dem Munde; festsitzend oder schwimmend	Tunicaten	
Kiemen vorhanden (vergl. Pteropoden).		
Kiemen und Fuß fehlend; Thiere in inkrustirenden Kalkzellen sitzend; mit Fühlerkranz am Munde . . .	Bryozoen	
Kopf, Zunge und (meist) die Augen fehlen.		

*) Die Tubulibranchier und Dentalien haben keinen Kriech-Fuß.

Körper ungetheilt, liegend; von Pedizellen gezogen; Mund vorn; After hinten; Täfelung unvollkommen und Stacheln verkümmert; Genitalien innen, einmündig	Holothuriden	II. Strahlenthiere.
Körper ganz oder sternförmig, aufrecht, gleitend, von Stacheln getragen, von Pedizellen gezogen; der Mund unten, After vorhanden; Genitalien innen, 4—5mündig	Echinoiden	
Körper festsitzend, gestielt (selten später schwimmend), mit gegliederten Ranken und viele Genitalien tragenden Armen ohne Eingeweide; Mund oben; After oben oder 0; Pedicellen zum Greifen	Krinoiden	
Athmungs-Organe entwickelt; Nerven-Schlundring, mit meridianalen Fäden; Gefäß-System mit Herz, Arterien und Venen; Wasser-Gefäßsystem und Pedizellen zum Gehen; Körper getäfelt, meist 5strahlig	Echinodermen	
Körper schwimmend, den Mund unten; meist vier-strahlig; Gefäß-System unvollkommen, vom Magen ausstrahlend; Nerven-Schlundring	Akalephen (Quallen)	
Körper sitzend in (Kalk-)Zellen, den Mund oben; 6—8strahlig; Verdauungs-System ohne Gefäße; Nerven unbekannt	Polypen	
Athmungs-Organe und After fehlen; Körper gallertig. Stellung noch unsicher; vier-strahlige Kiesel-Gehäuse	Polycystinen	
Meist mit Mund, Magen, Flimmer-Epithelium, Keim-Nucleus und kontraktiler Gefäß-Blase, weich oder mit Chitin-Hülle. Meist Selbsttheilung	Infusorien	I. Pflanzenthiere.
Ohne Mund, Magen und Flimmerhaare; amorph, nackt oder in durchlöcherter Kalkschaale, vergänglich-zusammenfließende Fortsätze ausstreckend	Rhizopoden	
Stellung im Systeme noch unsicher	Spongien	

Zweiter Theil.

Von den dreierlei Faktoren organischer Formen im Allgemeinen.

Die zwei Reiche der Pflanzen und Thiere unterscheiden sich, wie wir gesehen haben, dadurch von einander, daß jene nur sich nähren und fortpflanzen, diese aber um zwei Funktionen reicher sind, indem sie auch noch empfinden und sich bewegen und demgemäß auch im Äußern entsprechend gestaltet, im Innern angemessen organisirt sind. Die Wesen beider Reiche zerfallen in zahllose Unterabtheilungen, Klassen und Ordnungen, Familien und Sippen, welche alle nicht nur überhaupt abweichend von einander gebildet sind, sondern offenbar auch auf sehr verschiedener Entwickelungs-Stufe über oder unter einander stehen, ohne daß diese Abstufungen auf noch andre neue Funktionen zu stützen wären, wenn auch die alten sich manchfaltig abändern und entwickeln. Wir sehen uns daher zur Frage veranlaßt, auf welchen gesetzlichen Bedingungen sowohl jene Manchfaltigkeit der Formen als diese Ungleichheit der Entwickelungs-Höhe beruhen, wie sie bereits aus den zwei vorangehenden Tabellen uns entgegentreten. Es scheint, daß sich alle Elemente dieser Verschiedenheiten auf drei bis vier gestaltende Motive als auf eben so viele Quellen zurückführen lassen, und zwar auf

a) einen von Grund aus verschiedenen Plan ihrer Körper-Form und Organen-Stellung;

b) gewisse allgemeine Entwickelungs-Gesetze, welche sich zu jedem der zwei organischen Reiche verhalten, wie die individuellen Entwickelungs-Gesetze zum einzelnen Organismus, und welche in jeder neuen Verschiedenheit des Pflanzen- oder Thier-Planes (a) sich dem vorgefundenen Materiale in anderer Weise anfügen müssen;

c) die Anpassung der aus diesen zwei Quellen hervorgehenden Organisationen an die verschiedenen äußeren Existenz-Bedingungen, unter welchen die Organismen zu leben bestimmt sind;

d) das Streben der Natur nach Manchfaltigkeit, dem zu Folge sie die von diesen drei Grund-Ursachen nothwendig bedingten Formen oft als eben so viele Themata in vielartigen untergeordneten Modifikationen variirt.

Die erste dieser Quellen entspringt im Gegensatz zur dritten ganz aus dem Inneren, und ist am tiefsten in die Organisation der Wesen eingreifend; sie führt nothwendig zu sehr ungleichen Bildungs-Gruppen, und obwohl sich diese zu verschiedenen Höhen der Vollkommenheit erheben, so ist darum doch nicht jedes Wesen der höheren Gruppe vollkommner als die der tieferen. Die zweite Quelle dagegen entwickelt das Formen-Material, welches die erste geschaffen, überall auf bestimmtem Wege vorwärts schreitend, zu ungleichen bleibenden Organisations-Höhen, ohne je einen Organismus seinem Grund-Plane zu entfremden. Die dritte Quelle ist eine auf die durch die zwei ersten von innen heraus gebildeten Formen von außen her einwirkende; die Art und die Höhe der Gestaltungen, welche sie in jeder Formen-Gruppe bewirkt, sind von der Art und Höhe der äußeren Existenz-Bedingungen abhängig. Aber mitunter sind ihre Einwirkungen auch wesentlicher und von größerer Ausdehnung, so daß selbst die der zweiten sich ihr unterzuordnen scheinen. Die vierte Quelle hat nur noch auf die Manchfaltigkeit, aber nicht mehr auf die Organisations-Höhe der Wesen einen erheblichen Einfluß; daher denn auch künftig vorzugsweise nur von den drei ersten Formen-Quellen noch die Rede sein soll.

Diese drei Kräfte nun können bald in einer Richtung hin zusammenwirken und sich zu Hervorbringung eines vollkommneren Organismus gegenseitig schwächer oder stärker unterstützen, bald in sehr ungleicher Stärke sich mit einander verbinden oder sich selbst gegenseitig modifiziren und die eine auf den ganzen Körper wirken, während die andere ihren Einfluß auf ein einzelnes Organen-System beschränkt. Daher werden die Abstufungen der Vollkommenheit, deren jedes einzelne Organ fähig ist, und die möglichen Kombinationen derselben mit denen der übrigen so unendlich manchfaltig und die Verschiedenheiten zwischen den Werthen aller möglichen Kombinationen zuletzt so unendlich klein und zweifelhaft, daß, in Mitbe-

rücksichtigung des vierten Gesetzes, bald die Überzeugung hervorgehen muß, es seie unmöglich, die einzelnen Familien einer Ordnung und die einzelnen Sippen einer Familie überall in eine Stufen-Reihe übereinander zu ordnen, wenn Solches auch für die Haupt-Typen möglich gewesen. Mit Bezug auf diese Erscheinung sagt Milne-Edwards, die gestaltende Natur gehe von keinem Typus zu einem neuen über, ehe sie alle möglichen Abänderungen des ersten erschöpft habe. So entsteht dann im Systeme gewöhnlich auf jeder seiner übereinander-gelegenen Stufen auch eine mehr oder weniger große Manchfaltigkeit der Formen neben einander.

a) Die Grund-Plane des Organismen-Baues.

Es ist Cuvier gewesen, welcher in seinem Règne animal zuerst nachgewiesen, daß die Haupt-Abtheilungen des Thier-Reiches durch ganz abweichende Grund-Plane ihrer Anlage, die nicht auf einander zurückführbar seien, sich von einander unterscheiden. Er führte für sie die Kategorie der „Unterreiche" oder Kreise in das systematische Fachwerk des Thier-Reichs ein, welche sich auch im Pflanzen-Reiche wiederfinden, obwohl sie hier wegen der geringeren Anzahl von Organen-Systemen nicht so vollkommen zu begründen sind.

Die Verschiedenheiten des Grund-Planes, wornach die verschiedenen Gruppen der Pflanzen und Thiere gestaltet sind, beruhen in der Gesammtform, in der Zahl der Organen-Systeme, in der Grund-Zahl der einzelnen Organe und in der gegenseitigen Lage und Stellung derselben.

1) Die Grund-Formen des Gesammt-Organismus haben wir bei den Pflanzen bereits in die vage oder amorphe und in die strobiloide (S. 44 ff.), bei den Thieren in die amorphe, die aktinioide und die hemisphenoide unterschieden (S. 52 ff.) und beschränken uns hier darauf zu verweisen.

2) Die Zahl der Organen-Systeme. Obwohl alle Pflanzen wachsen und sich fortpflanzen, so gibt es doch gewisse niedere Gruppen unter ihnen, welche noch keine geschlechtlichen Fortpflanzungs-Organe, keine Blüthen, Früchte und Samen zu besitzen scheinen (Flechten, Pilze); — und obwohl alle Thiere wachsen, sich fortpflanzen, sich bewegen und empfinden, so lassen sich doch nicht an allen bestimmte Generations- und besondere Bewegungs- und Empfindungs-Organe nachweisen. Der Ausfall eines ganzen, insbesondere eines äußerlich sichtbaren Organen-Systemes aber aus den

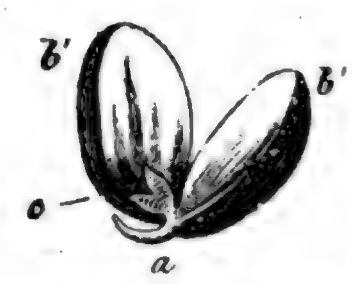
Bestandtheilen des Körpers kann nicht ohne Einfluß auf dessen Grund-Form bleiben, und die Körper-Gestalt wird eine andere sein, wenn vier, drei oder nur zwei Organen-Systeme eine besondere Stelle an derselben beanspruchen; ja der gänzliche Mangel eines oder mehrer Organen-Systeme muß mehr und weniger zum Amorphismus bei den Thieren wie bei den Pflanzen führen (Fig. 25 a, 26, 29, 30—34), weil die Orientirungs-Punkte des Planes fehlen. So haben die gesammten Amorphozoen (Spongien, Rhizopoden und Infusorien) keine Genitalien, kein Nerven-System (ein etwaiges Auge ausgenommen?) und außer höchstens der flimmernden Haut-Decke keine besondern Bewegungs-Organe. Auch der gänzliche Mangel einzelner Organe eines Systemes bleibt oft nicht ohne Einfluß auf die organische Form; aber der Erfahrung zufolge ist dieser Einfluß so unwesentlich, daß er die Grund-Plane des Baues nicht mehr berührt und selbst innerhalb sonst enge verbundener Gruppen wechselt.

3) Die Grundzahl gleich-gebildeter oder homotyper*) Organe läßt oft einigen Wechsel besonders bei solchen Organismen-Gruppen zu, wo das Organ erst im Auftreten und in seiner Entwickelung begriffen ist, und sogar in schon höheren Gruppen sehen wir es hier und da noch ausnahmsweise fehlen oder verkümmern. Doch wird dieser Charakter im Allgemeinen um so beständiger und wichtiger sein, je wesentlicher das Organ und einer je höheren Funktion es bestimmt ist.

Bei den Pflanzen kommen solcher Grund-Zahlen zweierlei vor, an den Kotyledonen nämlich und an den Fruktifikations-Theilen. Die Zahl der Kotyledonen oder Samen-Lappen, sobald solche einmal deutlich entwickelt vorhanden sind, beträgt entweder Eins oder Zwei (Fig. 51.), einige Koniferen ausgenommen, wo deren viele sind. Alle mit wirklichen Samen versehenen Pflanzen werden demnach seit A. L. de Jussieu in Akotyledonen, Monokotyledonen und Dikotyledonen eingetheilt, und diese dreifache Zahlen-Verschiedenheit ist bei jeder

Fig. 51.





Embryonen von Monokotyledonen und Dikotyledonen; a) Würzelchen, b) 1—2 Kotyledonen, c) Keimchen.

*) Homonym, gleichnamig, nennen wir gleichartige, zu einerlei Funktion bestimmte Organe, welche doch in sofern von einander verschieden sind, als sie

der drei entsprechenden, auf ihre Gesammt-Organisation gegründeten Haupt-Abtheilungen der Samen-Pflanzen so beständig, daß kaum eine Ausnahme davon vorzukommen scheint, einige schon erwähnte Koniferen ausgenommen, deren übrigen Verwandten zwar zwei Samenlappen haben, jedoch, wie sie selbst, von eigenthümlichem Typus sind. — Die andere Grund-Zahl findet sich in den Blüthe-Theilen, ist jedoch weit weniger konstant als vorige. Bei den akotyledonen Samen-Pflanzen ist sie in Ermangelung von regelmäßigen Antheren und Perianthien unsicher, bei den Monokotyledonen Drei, bei den Dikotyledonen endlich meistens Fünf, oft Vier, zuweilen aber auch Drei, Zwei, Eins u. s. w., welche letzten Zahlen indessen, zum Theil wenigstens erweislich, entweder durch Verkümmerung oder durch vorherrschende Entwickelung einzelner von jenen 5—4 Organen über ihre Homotypen entstehen, während höhere Zahlen theils aus einfacher Vervielfältigung und theils aus der Kombination dieser letzten mit den zuvor genannten Ursachen entspringen.

Bei den amorphen Thieren sind der zählbaren Theile wenige, und diese in veränderlicher bald geringerer und bald größerer Anzahl, wie Das der Amorphismus mit sich bringt. Das Veränderliche der Form geht auf die Zahl über. — Bei den aktinioiden Thieren trifft man je nach Verschiedenheit der Thier-Gruppen gewöhnlich Fünf, bei Quallen, Cystideen und manchen Polypen Vier, bei andern Polypen aber auch Drei oder Sechs als Zahlen-Typus der Bewegungs-, Mandukations-, Käu-, Gesichts-, Tast- und Generations-Organe (Fig. 38—45) auf eben so viele radiale Theile des Körpers gleich-vertheilt an, welcher Typus aber bei fast allen diesen Gruppen ausnahmsweise einmal in eine andre Zahl überspringt, was sogar bei Varietäten einer Art geschehen kann. Einzelne Organe sinken hier oder dort ausnahmsweise weiter herab, wie z. B. die ktenophoren Quallen regelmäßig nur zwei Arm-Tentakeln und zum Theil zwei innre Kiemen, die Holothurien nur eine Genital-Öffnung (Fig. 45) haben u. s. w. — Bei den hemisphenoiden Thieren endlich sind fast alle homotypen Organe nur Paar-weise vorhanden. Aber, mit Ausnahme des meist unregelmäßig gewundenen axilen Nahrungs-Kanals, ist in der Regel auch von allen Organen wenig-

---

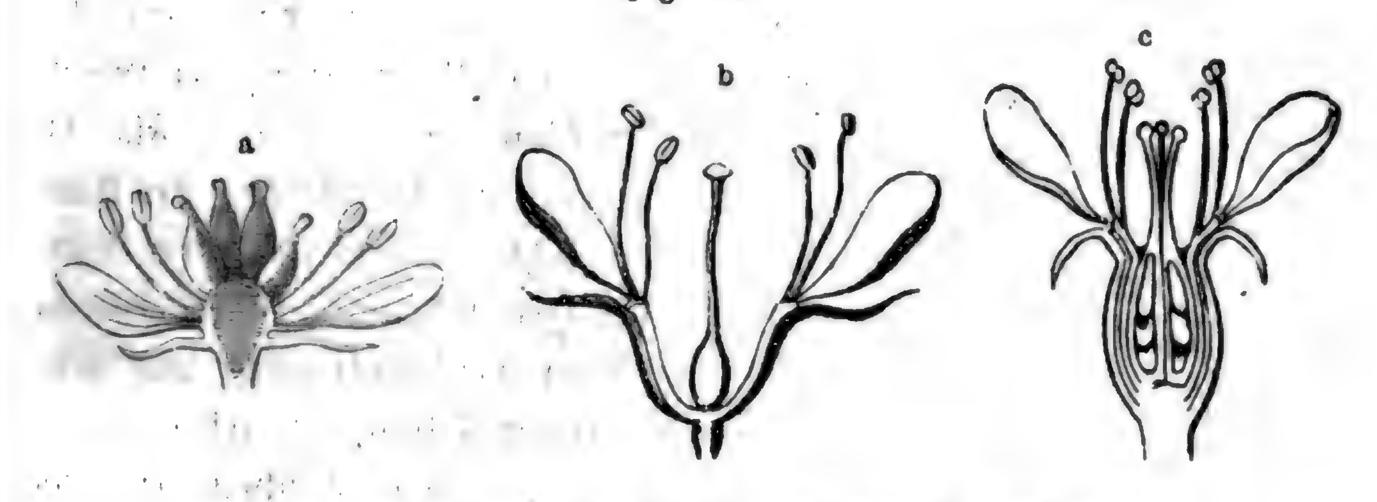
hinter- oder über- (Blätter) einander liegen; homotyp, gleichgebildet, solche, die zu 2, 3, 4, 5 einander gegenüber stehen und höchstens wie Rechts und Links von einander abweichen. Davon später ausführlicher.

stens ein Paar vorhanden, indem selbst jeder Wirbel im Rückgrat der Wirbel-Thiere anfangs aus zwei getrennten gleichen Hälften besteht, welche später mit einander verwachsen. Der geschlossene Kreis, welchen die 3-—5zähligen Organe der Strahlen-Thiere um die Achse des Körpers bilden, ist einer homotypen Vervielfältigung derselben, z. B. auf 2×5 oder 3×5 u. s. w., nicht günstig. Schalten sich neue Organe gleicher Art dazwischen ein, so sind sie, wie die Strahlen-Lamellen für die Eierstöcke der Polypen und die ihnen entsprechenden Tentakeln um den Mund, weiter nach außen gerückt, entstehen dann auch oft oder immer erst später bei ausgedehnterem Wachsthum des Individuums, und sind daher eigentlich nur homonym mit den ersten; — oder die Vermehrung der Grundzahl erfolgt durch Gabelung (wie bei Comatula, S. 63, Fig. 44, Encrinus, S. 60, Fig. 38) oder fiederartige Verästelung der Arme, wie bei den meisten Krinoideen. Die Zahl der hintereinander liegenden Organe und Organen-Paare der Hemisphenoid-Thiere dagegen kann durch kein allgemeines Formen-Gesetz beschränkt sein; und wenn ihre Zahl sich in Folge individueller Entwickelung vermehrt, so geschieht Dieß durch Einschaltung neuer Homonyme zwischen den zuerst entstandenen, und zwar, hinsichtlich der Ringel der Kerbthiere, entweder unmittelbar vor dem Endgliede des Leibes wie bei den Ringelwürmern, oder unmittelbar hinter dem Kopfe wie beim Bandwurm u. s. w., Verhältnisse, auf die wir sogleich bei der „Stellung der Organe“ zurückkommen werden.

4) Die gegenseitige Lage und Stellung insbesondere der wichtigsten Theile der Organismen ist ebenfalls von großem Einflusse auf die Grundform derselben. In Bezug auf die Pflanzen erklärte Linné in seiner Philosophia botanica die von ihr entnommenen Merkmale für die verlässigsten und werthvollsten, und auch seither haben sie im natürlichen Pflanzen-Systeme immer eine Rolle gespielt, wenn sie auch das anfangs auf sie gesetzte Vertrauen nicht überall ganz gerechtfertigt haben. Was die Generations-Organe anbelangt, so sind die männlichen und weiblichen Theile derselben bei den Kryptogamen, noch kaum kenntlich, an verschiedne Pflanzen oder verschiedne Stellen derselben vertheilt; auch bei den Phanerogamen, wo schon regelmäßige Blumen vorhanden, ist die dikline Bildung, obwohl im ganzen Systeme zerstreut, doch vorzugsweise bei den tieferen Gruppen zu finden, bei den Palmen, vielen Gräsern, Hydrochariden und Liliaceen unter den Monokotyledonen und bei den Gymnospermen

und Apetalen unter den Dikotyledonen am häufigsten zu finden, weil eben das, im Gegensatze zu den Thieren, unbewegliche Pflanzen-Individuum um so vollkommner ist, je mehr es sich selbst genügen kann. Aber auch nur in den vollkommneren Zwitter-Blüthen läßt sich weiter die gegenseitige Stellung der Staubgefäße, des Kelches und des Pistilles zu einander überall vollständig erkennen oder wenigstens vergleichen. Man hat nämlich eine hypogyne, perigyne und epigyne Insertion der Staubgefäße unterschieden, je nachdem solche auf dem Blumen-Boden, dem Kelche oder dem Pistille eingefügt sind (Fig. 52.).

Fig. 52.



Corolla et Stamina: a) hypogyna, b) perigyna, c) epigyna.

Allein es hat sich gezeigt, daß sich in mehr als einem Drittel aller Ordnungen oder größeren Familien des Phanerogamen-Systems bald hypogyne und perigyne, bald hypogyne und epigyne (vielleicht auch zuweilen sogar perigyne und epigyne) Blüthen beisammen finden, diese Charaktere mithin nicht von sehr großer Beständigkeit und klassifikatorischer Wichtigkeit sein können. Da indessen die Stellung der Kronen- und der Perikarpial-Blätter noch weniger verlässige Merkmale darbietet, so ist man gleichwohl genöthigt, jene Insertions-Verschiedenheiten noch im Auge zu behalten, und wenn die Pflanzen auch nicht strenge darnach klassifizirt werden können, doch die Frage aufzuwerfen, ob im Allgemeinen die eine oder die andere dieser Verschiedenheiten eine höhere Stellung in dem Pflanzen-Kreise beanspruchen könne? Doch Alles, was sich auf dem Wege der Argumentation in dieser Hinsicht bestimmen läßt, scheint sich auf Folgendes zu beschränken: Eine hypogyne Insertion auf dem Blumen-Boden ist nothwendig in Blüthen, die weder Kelch noch Pistill besitzen, obwohl die Bezeichnung selbst diesem letzten Falle zu widersprechen scheint. Perigyne Blüthen können dikline, aber nicht Kelch-lose sein;

epigyne sind nur bei zwitterlicher Bildung möglich. Jene ersten sind also die ursprünglichsten, letzte beide setzen schon eine oder die andere höhere Vollkommenheit der Blüthe voraus, entweder einen Kelch oder Zwitter-Bildung. Da aber Kelch-lose Blumen zweifelsohne wieder tiefer stehen als die diklinen, indem jene sich auf vielleicht einige Monokotyledonen, die Gymnospermen und einen Theil der andern apetalen Dikotyledonen beschränken, während letzte sich, wenn auch vereinzelt, doch immer in viel größerer Anzahl als erste bis zu den vollkommeneren Dikotyledonen mit vollständiger Blüthe erheben, so könnte auch die Epigynie vielleicht noch höher als die Perigynie stehen, was aber nur zu entscheiden sein wird, wenn noch andere Gründe hinzutreten. Sie kann übrigens durch Metamorphose in hypogynen wie in perigynen Familien dadurch entstehen, daß der sonst freie Kelch mit dem Ovarium verwächst oder er ein Calyx inferus wird, und da Dieß bei den Pomaceen und vielleicht noch anderen Familien im Laufe der Frucht-Entwickelung geschieht, so scheint sich der Calix superus zum inferus wie ein reifer, wenn auch weniger normaler und nur durch eine Anamorphose entstandener, zu einem unreifen („embryonischen") Charakter zu verhalten. Doch kommt Epigynie zuweilen auch ohne Verwachsung des Kelches bei sonst perigynen Familien mit einem Calix inferus vor (Aristolochieen, Piperaceen). Die Frage übrigens, ob das Ovarium inferum als ein vom Kelche umwachsenes oder als ein in das Ende des Blumen-Stieles eingesenktes zu betrachten sei, ist hier von geringem Belange und soll später noch berührt werden. Indessen schon der Umstand, daß diese Schlußfolgerungen keine große extensive Anwendbarkeit zeigen, spricht dafür, daß man auch an ihrem intensiven Werthe nicht allzufest halten dürfe, sofern sich andere allgemeine Momente auffinden lassen. Zu diesem Zwecke wollen wir noch eine kurze Übersicht des Systemes hier beifügen, aus der sich ferner ergeben würde: daß ächte Epigynie nur auf wenige und insbesondere gamosepale und gamopetale Familien beschränkt, unter den gamopetalen Dikotyledonen (die wir aus später zu entwickelnden Gründen für die vollkommensten halten) am häufigsten ist, zumal wenn man berücksichtigt, daß diese epigynen Dikotyledonen-Familien gerade die stärksten des ganzen Systemes (Compositae etc.) in sich begreifen; auch sind es die vorzugsweise Kraut-artigen.

Dikotyledoneae:

. Gamopetalae.
. . Epigynae (3½ Ordn.): Compositae, Aggregatae (½), Rubiaceae, Campanulinae.
. . Perigynae (2 halbe Ordn.): Styracinae, Erycinae.
. . Hypogynae (7½ Ordn.): Ligustrinae, Contortae, Tubiflorae, Labiatae, Myrsineae, Styracinae, Ericinae und Aggregatae (½), welche allein zum Theil ohne Krone sind.
. Polypetalae.
. . Epigynae (1 Ordn.): Umbelliflorae.
. . Perigynae { 6 ganze Ordn.: Leguminosae, Rosiflorae, Myrtineae, ?Calycanthinae, Calyciflorae, ?Lorantheae.
{ 5 halbe Ordn. jederseits: Terebinthinae, Tricoccae, Succulentae, Cariophyllinae, Peponiferae.
. . Hypogynae { 12 ganze Ordn.: Malpighinae, Ampelideae, Gruinales, Columniferae, Lamprophylleae, Guttiferae, Cistiflorae, Rhoeadeae, Hydropeltideae, Polycarpicae, Trisepalae, Cocculinae.
. Apetalae.
. . Angiospermae.
. . . Epigynae
. . . . Gamosepalae: Aristolochiae
. . . . Asepalae: Piperinae
. . . . Incertae: ?Ceratophyllinae
} nur bei einigen Sippen sind die Staubgefäße mit dem Grunde des Ovariums verbunden.
. . . Perigynae.
. . . . Gamosepalae: Proteinae, Fagopyrinae, Urticinae.
. . . . Asepalae: Iteoideae, Amentaceae?
. . Gymnospermae: (asepalae s. squamiflorae).
. . . Perigynae (?nach Jussieu): Coniferae, Cycadeae.

Monocotyledoneae:

. Symphysogynae.
. . Gamosepalae.
. . . Epigynae: Orchideae, Scitamineae.
. . . Perigynae: Ensatae.
. . Polysepalae.
. . . Hypogynae: Hydrocharideae.
. Eleutherogynae.
. . Gamosepalae.
. . . Perigynae: Liliaceae.
. . Polypetalae.
. . . Perigynae: Helobiae, Aroideae.
. . . Hypogynae: Junceae, Glumaceae.

Obwohl Jussieu die Gymnospermen als perigyn bezeichnet, so ist ihre Blüthen-Bildung in Folge der Trennung der Geschlechter, der

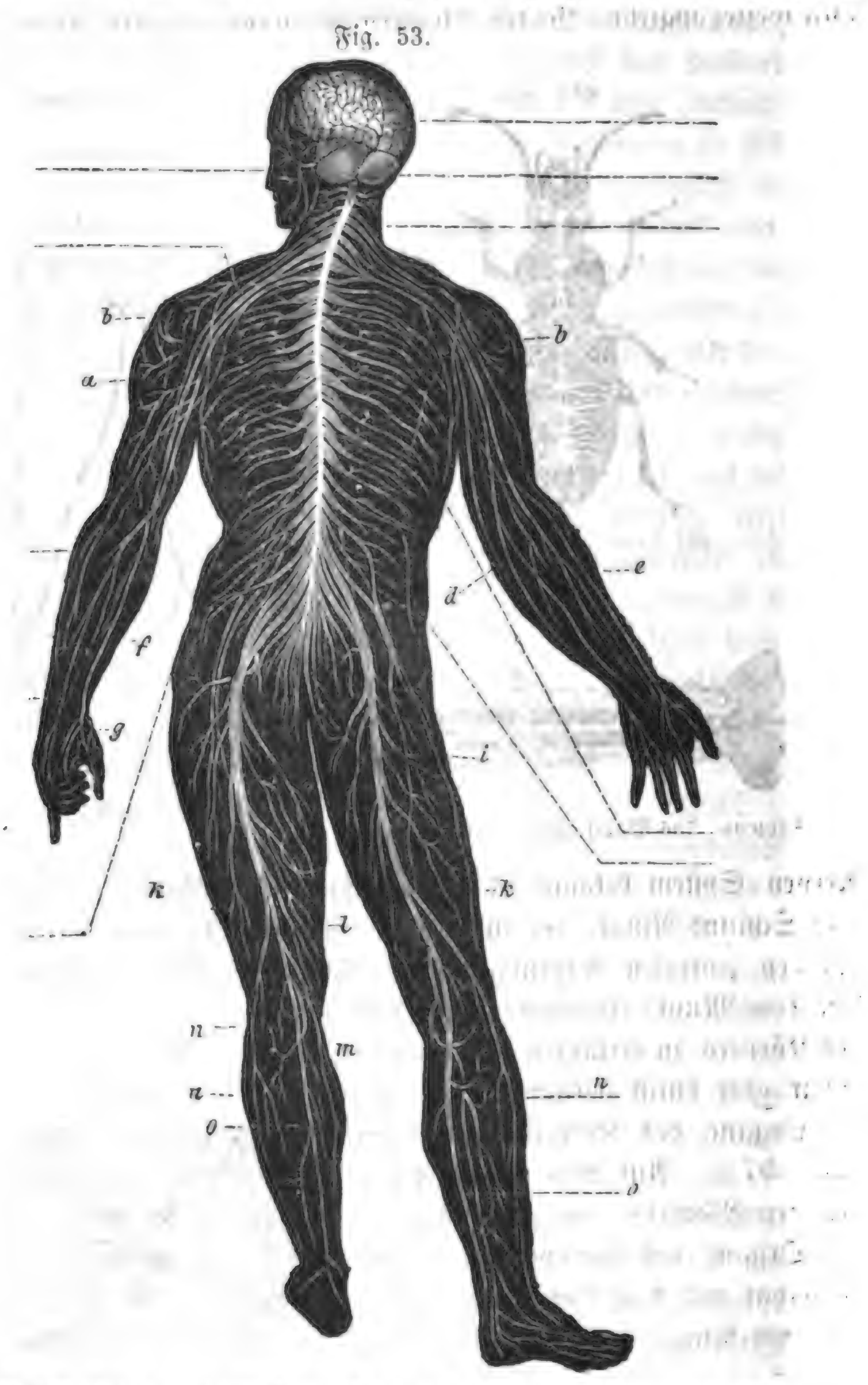
noch mangelnden Isolirung der einzelnen Blüthen mittelst Blüthen-stielen, des Mangels der Kreis-förmig geschlossenen Perianthien, der Vertheilung der männlichen und weiblichen Organe auf Schuppen-artigen Gebilden, der nackten Entwickelung der Samen, in Allem so eigenthümlich, daß man zugeben muß, solche gegenseitige Stellung der Theile sei ganz abweichend von derjenigen fast aller bedeckt-samenigen Dikotyledonen; nur ein Theil der Amentazeen stehen ihnen in einigen dieser Merkmale noch nahe, enthalten aber bereits einige zwitterblüthige Sippen (Ulme rc.), wo auch ein Becher-förmiger Kelch aus der Blüthen-tragenden Braktee sich entwickelt hat; beiderlei Geschlechts-Organe stehen fast im tiefsten Grunde des Kelches, wo man jedoch keinen eigentlichen vom Kelche unterscheidbaren Blumen-Boden nachweisen kann. Diese und noch andere anatomische Gründe bestimmen uns, auf Ad. Brongniarts vorgängige Andeutungen gestützt, die Gymnospermen als eine besondere, zwischen den julifloren angiospermen Dikotyledonen (Amentaceen) auf der einen, und den Gefäß-Kryptogamen auf der andern Seite stehende Haupt-Abtheilung zu betrachten, wobei die Monokotyledonen ganz aus der Reihe gedrängt erscheinen. — Was endlich die Stengel-Blätter betrifft, so haben wir hinsichtlich ihrer Stellung hervorzuheben, daß diese bei den Kryptogamen (mit Ausnahme der Equisetazeen) und Monokotyledonen stets eine alternirende, bei den Dikotyledonen oft eine gewirtelte, wenn auch nicht selten in eine spirale auflösbar ist. Aber sogar bei den Equisetazeen alterniren die Längsstreifen des Stengels mit einander; bei vielen fossilen Arten, wo der Stengel starke Seiten-Äste treibt, bilden diese eine von Blattscheiden und Stengelstreifen ganz unabhängige Spirale, und der Frucht-Stand zeigt stets eine ausgeprägt spirale (strobiloide) Anordnung. Selbst die Einzahl der Samen-Lappen bei den Monokotyledonen und die Zweizahl derselben bei den Dikotyledonen scheint mit dieser Verschiedenheit der Blatt-Stellung im wesentlichen Zusammenhange zu stehen. Denn ein Kotyledon entspricht wechselständigen aber auf die Einzahl reduzirten Blättern; die zwei der Dikotyledonen sind immer gegenständig; und in diesem Doppelverhältniß scheint die Beständigkeit des Kotyledonen-Charakters mit begründet zu sein. — Auch die Blatt-Nerven, die Art, wie sie aus einander entspringen, ist ein sehr werthvoller Charakter, indem sie bei den Monokotyledonen, in jedem Blatte einander ziemlich gleich, von der Basis ausgehen, die selten einen rein abgesonderten Blatt-Stiel bildet, und mehr und weniger parallel zu einander gegen

das Blatt-Ende verlaufen, während bei den Dikotyledonen das Blatt oft einen deutlichen Stiel und stets einen vorwaltenden Mittelnerven besitzt, von welchem Seiten-Nerven auslaufen, um ein Netz-förmiges Geäder über das Blatt zu bilden. — Wenn man nun etwa noch unterscheidet, daß bei den dikotyledonischen Phanerogamen die Gefäße sich in ungeschlossene, bei den monokotyledonischen in geschlossene Bündel zusammen ordnen, die aber doch immer noch vom Inneren nach dem Umfange des Stengels hin nacheinander entstehen, während bei den Kryptogamen sich fast alle gleichzeitig vollenden (worüber später ausführlicher, vergl. den Text zu Fig. 91 bis 96 u. s. w.), so ist wohl Alles erschöpft, was sich über wesentlichere Verschiedenheiten der Stellung bei den Pflanzen zur Begründung der Haupt-Typen des Pflanzen-Reichs anführen läßt?

Bei den Thieren ist der Körper entweder aus zwei gleich-organisirten Hälften zusammengesetzt, welche in einer durch die Achse gehende Vertikal-Ebene zusammenstoßen, wie bei den hemisphenoiden Formen, unter welchen die meisten Weichthiere jedoch etwas oder stark ungleichseitig sind (S. 72, Fig. 49); oder er besteht aus 3, 4—5 gleich-organisirten, rings um die Achse gelagerten Theilen, wie bei den Strahlenthieren; oder endlich er läßt sich nach keiner oder doch nach keiner konstanten Richtung in zwei oder mehre einander gleiche Theile scheiden, wie es bei den Amorphozoen der Fall ist. Der Nahrungs-Kanal mit dem Munde (und oft auch After) ist dabei immer einfach und in der Mitte gelagert, die übrigen Organe größtentheils 2-, 3-, 4- oder 5zählig über, unter oder um ihn. Alle anderen Organen-Systeme müssen daher mehr und weniger an diesen Verschiedenheiten gegenseitiger Stellung theilnehmen; doch prägte sich dieselbe nirgends deutlicher als im Nerven-Systeme aus, das auch bei den Hemisphenoid-Thieren noch eine dreifache weitere Verschiedenheit, entsprechend den 3 Haupt-Abtheilungen derselben, wahrnehmen läßt, so daß die (Zahl und) Lage der vom Gehirn oder dem es vertretenden Nerven-Schlundringe ausgehenden Haupt-Nervenstränge für die 4 obern Unterreiche entscheidend wird, während im fünften (bei den Amorphozoen) alles erkennbare Nerven-System gänzlich fehlt. Im Kreise der Wirbelthiere (S. 92, Fig. 53.) liegt das starke einfache Rücken-Mark, aus welchem alle Nerven für den ganzen Rumpf entspringen, in der Wirbelsäule eingeschlossen über, bei den Kerbthieren (Fig. 54. und 55.) zieht das aus zwei parallelen und oft streckenweise durch Nerven-Knoten mit einander verwachsenen Nerven-Strängen gebildete

Bauch=Mark, welches die Funktionen des vorigen besitzt, unter dem Darm=Kanale hin. Bei den Weichthieren (Fig. 56.) verlaufen ein

Fig. 53.



Des Menschen Gehirn und Rückenmark mit den daraus entspringenden Nerven.

oder zwei Paare solcher Stränge vom Schlund=Ringe aus weit getrennt an der rechten und linken Seite des Körpers nach hinten gegen die

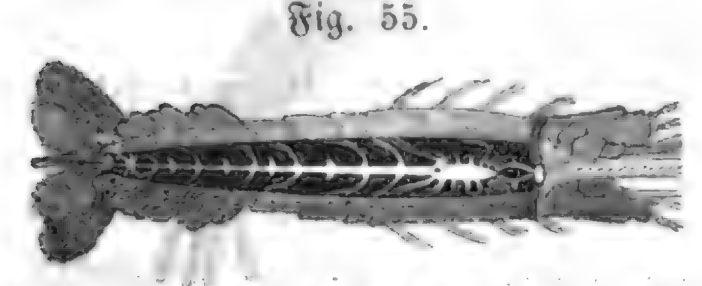
Kiemen und den Fuß, wo sich dann oft bald die Fuß- und bald die Kiemen-Nervenstränge zu einem Knoten B vereinigen, der seine Nerven nun weiter abgiebt. Bei den Strahlenthieren endlich entspringen, wo das

Fig. 54.



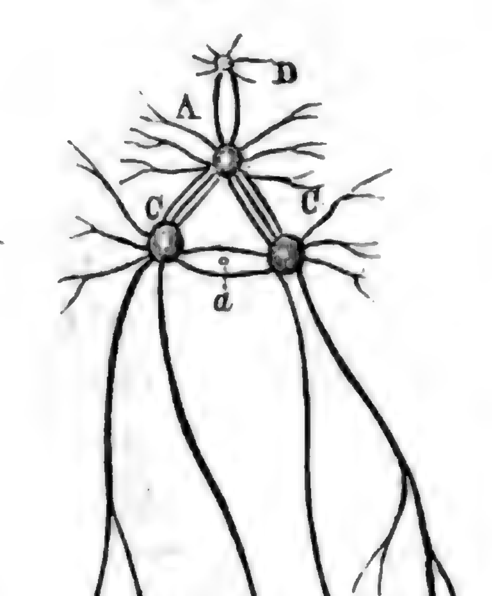
Carabus: mit seiner Bauchganglien-Kette, von unten gesehen.

Fig. 55.



Astacus: das Bauchmark, von oben gesehen.

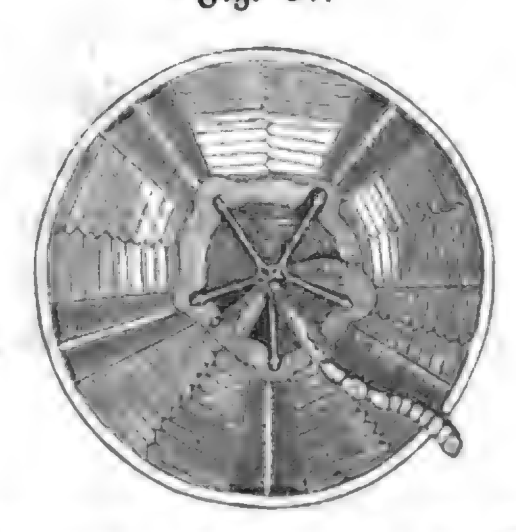
Fig. 56.



Aplysia: A Kopfganglion; B Kiemenganglion; CC Fußganglien.

Nerven-System bekannt, 4—5 gleichwerthige Nerven-Stränge aus dem Schlund-Ringe, um auf eben so vielen verschiedenen Seiten rings um den zentralen Nahrungs-Kanal in meridianaler Richtung gegen den dem Munde entgegengesetzten Pol des Körpers zu verlaufen und unmittelbar oder durch seitliche Fäden auf die Organe des Körpers zu wirken (Fig. 57.). Auf diese Weise stehen bei den Wirbel- und Kerb-Thieren die Organe des Rumpfes nicht unmittelbar mit dem Gehirne oder dem Schlund-Ringe, sondern zunächst mit dem Rücken- oder Bauch-Mark als Vermittler in Verbindung, während bei den Weich- und Strahlen-Thieren jene Verbindung eine mehr unmittel-

Fig. 57.



Echinarachnius parma: in der Mitte der Schlundring mit 5 davon ausstrahlenden Nerven-Strängen.

bare zu sein pflegt. Der Nerven-Schlundring der Kerbthiere versorgt die Sinnes-Organe sowohl als die Freß-Werkzeuge mit Nerven aus den über dem Schlunde gelegenen Knoten; der der Weichthiere versieht die ersten aus dem darüber liegenden „Gehirn"-Ganglion, die letzten aus den darunter liegenden Knoten; und nur die Stränge für die Bewegungs- u. a. Rumpf-Organe entspringen bei beiden aus mehr und weniger unteren Knoten. Oft ist es bequem, diese Grundverschiedenheiten der Kreise des Thier-Systems durch einfache Zeichen ausdrücken und sich ins Gedächtniß rufen zu können, und wir haben in solchen Fällen in Anwendung gebracht:

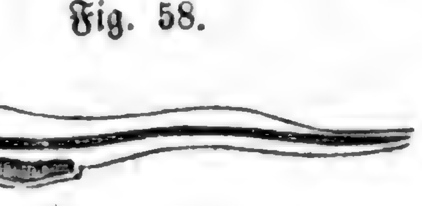
○ für Hemisphenoid-Thiere mit Rücken-Mark (Wirbelthiere),
⊙ für dergl. mit Schlund-Ring und doppeltem Bauch-Mark (Kerbthiere),
◎ für dergl. mit 2—4 seitlichen Nerven-Strängen (Weichthiere),
⊗ für jene, deren Schlund-Ring 4—5 meridianale Fäden absendet (Strahlthiere),
○ für jene, von welchen ein Nerven-System noch gar nicht bekannt ist (Pflanzenthiere).

Zu den aus der Lage entnommenen Unterscheidungs-Charakteren der verschiedenen Thier-Kreise gehört als ein sehr wichtiger der, daß bei den Wirbelthieren die Muskeln auf dem inneren Skelette, bei den Kerbthieren dieselben im Inneren des Haut-Skelettes vorhanden sind. Es gehört dahin die Konzentrirung sämmtlicher Sinnes-Organe am vordern Körper-Ende in der Nähe der obern Schlundring-Ganglien, wodurch sich dieses Ende von den Gastropoden an aufwärts als besonderer Körper-Theil, als Kopf ausbildet u. a. m.

Ein andres sehr durchgreifendes Lage-Verhältniß zeigt sich damit parallel-laufend, jedoch nur vorübergehend, während des frühesten Embryonal-Zustandes der Thiere. Der werdende Fötus beginnt nämlich als Keimhaut sich entweder A) nur an einer Seite des Eies und mit einem Theile seines Körpers (dem Primitiv-Theile) zu entwickeln und sich dann immer weiter um den Dotter-Sack auszudehnen, oder B) er entsteht gleichzeitig, ohne Primitiv-Streifen, rund um den Dotter-Sack und schließt diesen mithin von allen Seiten her zugleich und vollständig ein. Im ersten Falle A) bleibt der Dotter eine Zeit lang außer dem Leibe des Fötus sichtbar, welcher dann 1) entweder bilateral an seiner rechten und linken Seite, oder 2) rundum nach allen Richtungen hin fortwächst, bis er die Dotter-Kugel ganz umschließt. Bei nur bilateralem Wachsthume (1) wird

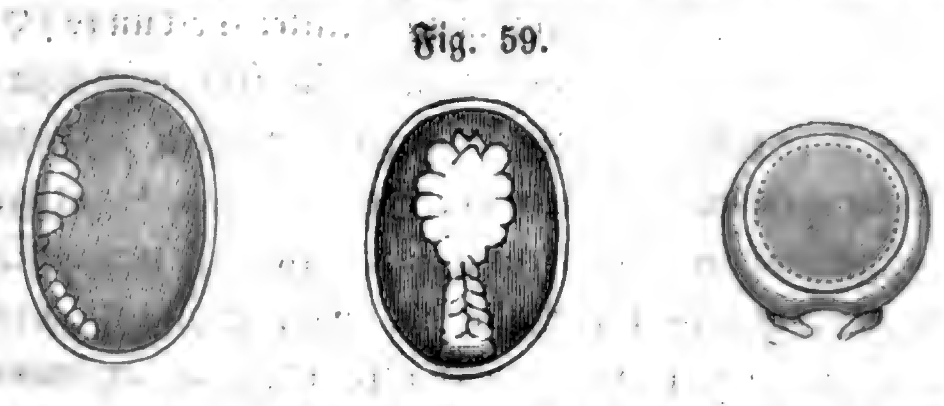
der Dotter-Sack entweder eine Zeit lang da, wo er mit dem ihn umwachsenden Fötus zusammenhängt, mehr oder weniger verengt, eingeschnürt, und muß sich dann langsam durch diese verengte (Nabel-) Öffnung vollends in das Innere des Fötus hineinziehen, und zwar a) bei Entwickelung des Fötus von der Dorsal-Linie aus auf der Bauch-Seite durch den Nabel: Wirbelthiere (Fig. 58.); oder b) bei Entwickelung des Fötus von der Bauch-Seite aus, am Rücken: Kerbthiere (Fig. 59.). Doch treten hier einige bemerkenswerthe Ausnahmen ein, insofern einerseits unter den Wirbelthieren nach **Bischoff's** Nachweisungen das Meerschwein mit dem Rücken, wie andrerseits unter den Kerbthieren manche Arten aus sehr verschiedenen Ordnungen (zumal Kruster) mit dem Bauche der Ei-Blase zugekehrt liegen. Bei rundum fortschreitendem Wachsthume (2), wie es nur bei den Weichthieren

Fig. 58.



Längsschnitt eines Fisch-Fötus mit Dottersack, Darm und Rückgrat.

Fig. 59.



Kerbthier-Ei mit seinem Primitiv-Streifen von der Seite, vom Rücken und im Querschnitt gesehen.

vorkommt, zieht sich entweder die ebenfalls an ihrem Halse eng eingeschnürte Dotterblase durch die Schlund-Gegend langsam in den schon fast vollständig geformten Leib des Fötus hinein, wie bei den Cephalopoden, oder die Blase wird ohne Abschnürung sogleich nach allen Seiten hin vollständig vom Primitiv-Theile, obschon mit mancherlei Modifikationen des Vorganges, wie namentlich bei den Tunikaten, umwachsen und zwar gewöhnlich so rasch, daß diese Umwachsung als eine fast gleichzeitige statt successive gelten kann, wie solche bei den übrigen Weichthieren stattfindet. Der ganz gleichzeitige Beginn der Entwickelung des Embryo's auf allen Stellen rund um den Dotter (B) findet statt auf den untersten Stufen des Kerbthier-Kreises, bei den Räderthieren und einem Theile der Würmer, wo

auch die 2 Bauchnerven-Stränge schon öfters auseinander weichen, bei den Strahlenthieren und bei den Amorphozoen. Noch andre Modifikationen dieses Herganges bei der einen oder der andern kleinen Gruppe des Systemes können wir hier übergehen; aber die bereits angeführten Ausnahmen zeigen zur Genüge, daß die Verschiedenheiten der gegenseitigen Lage von Fötus und Dotter nicht so wesentlich und beständig sind, als die des Nerven-Systems, obwohl sie aller Beachtung werth erscheinen. Es darf daher auch der anderwärts aufgestellte Grundsatz, daß die an jedem entstehenden Pflanzen- oder Thier-Individuum zuerst unterscheidbar werdenden Charaktere immer den Haupt-Typen, d. h. den Kreisen und Unterkreisen entsprechen, die nachher erscheinenden aber der Reihe nach nur Klassen-, Ordnungs-, Familien- und Sippen-Charaktere vertreten, nur mit Vorsicht und gelegentlicher Beschränkung aufgenommen werden.

So ergeben sich also 4—5 Grund-Typen, Unterreiche oder Kreise für das Pflanzen-Reich und eben so viele für das Thier-Reich, wie wir sie schon vorläufig in den Tabellen S. 77 und 78 aufgestellt haben. Die thierischen Typen sind allerdings schärfer charakterisirt und strenger von einander geschieden als erste, weil die vier Organen-Systeme sowohl als die sechsseitige hemisphenoide Grund-Form derselben weit reichlichere Mittel zur Charakteristik und Vollendung dieser verschiedenen Grund-Plane der Organisation darbieten, als die 2 Organen-Systeme der Pflanzen mit der nur nach oben und unten verschiedenen Grund-Form derselben. Vielleicht wäre es jedoch aus eben diesem Grunde Natur-gemäßer, statt 5 nur 3 Grund-Plane im Pflanzen-Reiche anzunehmen und die übrigen Haupt-Verschiedenheiten diesen unterzuordnen? Inzwischen sind die Charaktere dieser Grund-Plane keineswegs auf die der Grund-Form, Grund-Zahl und Gegenstellung der Theile beschränkt, wenn diese auch als die allein wesentlichen für sie betrachtet werden müssen. Wir werden später finden, daß fast überall auch noch solche Merkmale bestätigend hinzukommen, welche den Progressions- und Anpassungs-Gesetzen (S. 82 c) entnommen sind, obwohl diese mehr die Klassen, Ordnungen, Familien und Sippen der verschiedenen Kreise zu bezeichnen geeignet sind.

Obwohl nun die verschiedenen sowohl hier als in den oben erwähnten Tabellen (S. 77 und 78) aufgestellten Kreise der organischen Reiche unbezweifelt von verschiedener Höhe der Organisation sind und verschiedene übereinanderstehende Stufen der Vollkommenheit

darstellen, so ist es doch bezeichnend für die Charaktere, worauf sie beruhen, daß aus diesen an und für sich keineswegs die Gründe einer solchen Ungleichheit erhellen, d. h. man würde aus der bloßen Kenntnißnahme von den einzelnen Charakteren nicht im Stande sein zu sagen, welcher Typus der vollkommnere oder der unvollkommnere sei, wenn wir etwa die Anwesenheit oder den Mangel eines Organes oder ganzen Organen-Systemes (S. 83 Nr. 2) ausnehmen, was aber nicht an sich, sondern nur in sofern hieher gehört, als es die formelle Eintheilung und Orientirung des Grund-Planes mitbewirken hilft. Das Fehlen oder Auftreten der Organe oder Organen-Systeme an sich zu betrachten, wird erst unsere Aufgabe bei den progressiven Entwickelungs-Gesetzen sein. Was aber die wesentlichen Charaktere der Kreise des Systemes betrifft, so würde niemand aus deren Angabe allein zu erkennen im Stande sein, ob eine Pflanze mit einer oder mit zwei Kotyledonen, mit drei- oder mit fünfzähligen Blumen, mit wechsel- oder mit gegen-ständigen Blättern vollkommner sei. Eben so wenig würde die Angabe: Rücken-Mark oder Bauch-Mark, äußeres oder inneres Skelett, zweizählige oder fünfzählige Genitalien, zwei oder drei Paar Füße, Hemisphenoid- oder Radial-Form u. dergl. m. genügen um zu erkennen, ob es sich um ein vollkommneres oder ein unvollkommneres Thier handle, während die Charaktere, welche aus den progressiven Entwickelungs- oder Anpassungs-Gesetzen entspringen, für eine solche Erkenntniß auszureichen pflegen.

Indessen lassen sich bei den Thieren wenigstens auch noch untergeordnete Typen in den einzelnen Kreisen nachweisen, welche wie diese auf Merkmalen der Gesammtform, der Zahl und der Gegenstellung beruhen, aus welchen gleichfalls ein höherer oder tieferer Rang in der Organisations-Höhe nicht erhellt, welche freilich auch den Werth und die Ausdehnung der vorigen nicht besitzen, sondern sich auf die einzelnen nächsten Unterabtheilungen jener Kreise beschränken und oft inniger als die vorigen mit den Charakteren der progressiven Entwickelung und Anpassung im Zusammenhange stehen. Es wird für unsre Absicht förderlich sein, die wichtigsten derselben zu durchgehen und zu charakterisiren, wobei wir aber zur Verstän-

digung der Charakteristik die Beschreibung oft etwas vollständiger geben müssen und uns nicht allein auf die den Untertypus als solchen bezeichnenden Merkmale beschränken können.

Zuerst wenden wir uns zum Kreise der Amorphozoen und beginnen 1) mit den Seeschwämmen oder Amorphozoen im engeren Sinne, die von vielen Naturforschern noch den Pflanzen beigezählt werden (S. 52, Fig. 28[1]). Man bemerkt indeß, daß sie Wasser, eingesogen durch die feineren Öffnungen der Oberfläche, durch die weitern wieder ausströmen lassen, daß sie diese Strömungen willkührlich überall oder an einzelnen Stellen unterbrechen und wieder herstellen und die Form der Ausmündungen willkührlich verändern können. Ihre Form ist manchfaltig; bleibend nur ein Anheftungs-Punkt, von welchem aus sie in unregelmäßiger Hohlzylinder-, Trichter-, Scheiben- oder Knollen-Form sich entwickeln und wachsen. Sie bestehen gewöhnlich aus einem lockeren Gerüste horniger hohler Fäden, durchzogen von ästigen Wasser-Kanälen, die mit den vorhin erwähnten zweierlei Mündungen in Verbindung stehen, und außen und innen bekleidet von einem schleimigen Sarkode-Überzug, der als Absorptions-Organ für die Ernährung wirkt. In jenen hohlen Röhrchen entwickeln sich kleine kugelige Körperchen, welche durch Platzen der Röhrchen oder durch die Enden derselben in den Sarkode-Überzug gelangen, in welchem sich auch noch andre ausbilden. Beide werden durch die Wasser-Strömchen nach außen geführt und dienen zur Fortpflanzung der Art. Eine geschlossene Individualität ist hier so wenig vorhanden, daß abgeschnittne Stücke sich zu neuen Individuen ausbilden und ein in mehre Theile zerschnittner Schwamm sich in wenigen Stunden wieder zusammenheilen kann. Obwohl nun jede Art sich meist in ihrer Form von der andern unterscheidet, so läßt sich über die Gesammt-Form des Schwammes doch nichts weiter festsetzen, als: Festgewachsen; amorph; ein Anheftungs-Punkt; ein inneres unregelmäßiges Faser-Gerüste, von ästigen Wasser-Kanälen durchzogen und mit Sarkode bekleidet. — 2) Die beweglichen Rhizopoden (S. 28, Fig. 29—31) sind nackt oder mit einer Kalk-Hülle bedeckt, aus amorpher und fast homogener Sarkode bestehend, deren Theilchen sämmtlich an einander verschiebbar sind und jede beliebige Form annehmen können; fest ist nur die Kalk-Schaale, wenn sie vorhanden, aus einer oder mehren hinter einander gelegenen Zellen bestehend, die in 1-, 2-, 3facher, gerader oder spiral-gewundener Reihe sich an einander setzen und durch deren seitlichen oder terminalen Poren und

Öffnungen veränderliche Wurzel-artige Fortsätze hervorquellen können, die zur Ernährung des Thieres dienen. — 3) Die meist beweglichen, mit einer kontraktilen Gefäß-artigen Lücke und einem die Fortpflanzung vermittelnden Nucleus ohne fest orientirbare Lage versehenen Infusorien (S. 55, Fig. 34, 35) haben äußerlich eine meist unregelmäßig runde, ovale, elliptische oder platte und oft sehr kontraktile Form, zuweilen trichterförmig und auf einem Stiele festgewachsen; sie bestehen innerlich aus Sarkode, ohne oder mit einer derberen organischen Hülle (? Chitin), die mehr oder weniger, ganz oder stellenweise mit Flimmerhaaren bekleidet ist; oft eine unregelmäßig gestaltete und gelagerte vordre oder etwas seitliche oder obre Mund-Öffnung zu einer Verdauungs-Höhle führend. — 4) Die beweglichen Polycystinen endlich sind noch sehr wenig bekannt, sitzen meistens in kieseligen Panzern, die eine quaternäre Bildung zeigen und sich hierdurch den Aktinozoen zu nähern scheinen, während das oft lückenhafte Kiesel-Gerüste an gewisse Spongien erinnert; oft ist es aber porös, gestattet wie bei den Rhizopoden feinen aber einfachen starren bleibenden Fäden den Durchtritt, an welchen man, wie an den veränderlichen Wurzel-Fäden der Rhizopoden, Körper-Theilchen auf- und ab-gleiten sieht, wodurch diese Wesen so wie durch den Mangel eines Mundes und einer Verdauungs-Höhle offenbar den Rhizopoden näher treten und wahrscheinlich zwischen diesen und den Schwämmen sich einschalten.

Unter den Aktinozoen haben 1) die weichen, festsitzenden, nackten oder in Horn- und Kalk-Zellen meist ästiger Polypenstöcke eingeschlossenen Polypen (Fig. 263, 264) eine Basis, einen obern regelmäßigen zentralen Mund, eine darunter liegende Verdauungs-Höhle und einen oder mehre um den Mund stehende Kreise drehrundlicher hohler Tentakeln, deren Höhlen mit jener Zentral-Höhle im Zusammenhang stehn. Von der Körper-Wand um dieselbe treten zahlreiche vertikale Lamellen herein, deren Grund-Zahl Vier oder Sechs ist und an welchen die Eierstöcke befestigt sind, von welchen die Eier durch die Verdauungs-Höhle und den Mund nach außen gelangen. Im Verhältnisse als diese Thiere wachsen und an Umfang zunehmen, erhöhen und erweitern sich oben ihre trichterförmigen Zellen (wenn sie überhaupt solche bilden, wie es meistens der Fall ist) und schalten sich von außen her immer wieder neue radiale Lamellen zwischen die älteren ein, die aber nicht so weit nach innen reichen als diese, so daß allmählich 2, 3 und 4 zwischen einander geschobene Zyklen solcher Lamellen von ungleicher Strahlen-Länge entstehen. — 2) Die frei

schwimmenden Quallen (S. 60, Fig. 39, 40, 45 und 266, 273 bis 275) sind mit dem Munde nach unten gewendet, durchaus weich, im Umrisse rund und einfach, gewöhnlich von quaternärer Bildung, welche sich in der Zahl der Genitalien, der vom Magen ausgehenden Ernährungs-Kanäle und in Nerven- und Muskel-Theilung allgemein ausdrückt. Bei den Hut- und Rippen-Quallen strahlen 4, 6 oder 8 einfache oder ästige Gastrovascular-Kanäle von der Zentral-Höhle oder dem „Trichter" nach der Peripherie aus und vereinigen sich wieder in einen Ring-Kanal im Mantel-Rande der ersten oder um die Mündung der zweiten. Im Übrigen unterscheiden sich noch die Hut-Quallen durch ihre vollständige Symmetrie, ihre meistens 4 Mund-Arme, ihre bloß untre Mündung, ihren runden Schwimm-Hut, am Rande oft mit x×4zähligen Tentakeln und Augen, von den Rippen-Quallen mit einer mehr geschlossenen kugeligen Form, mit einer durch Verdauungs-Höhle und Trichter von Pol zu Pol perforirten Achse, mit 2×4-zähligen meridianalen Schwimmblätter-Reihen, aber meistens auch mit 2 seitlich sich entgegengesetzten Schwimm-Lappen oder Fang- oder Senk-Armen und oft zweitheiliger Trichter-Mündung, wodurch also auch im Äußern die strenge Symmetrie aufgehoben wird. Mehr zusammengesetzt in der Form, nicht in der Organisation, sind dann noch die Röhren-Quallen. — 3) Die Echinodermen unterscheiden sich von den vorigen als ein fernerer Untertypus, der aber selbst noch 3—4 Unterabtheilungen zuläßt. Gemeinsam sind ihnen das Täfelwerk außen in ihrer Körper-Wand, der zentrale Mund, die Fünfzahl homotyper Organe (bei den fossilen Cystideen sind sie vierzählig) und die eigenthümlichen Pedizellen, welche aus feinen in strahlenständig vom Munde auslaufenden Doppelreihen geordneten Poren hervortreten, bei festgewachsenen Arten einfach sind und zum Tasten und Greifen dienen mögen, bei den beweglichen Arten aber Scheiben-förmige Enden besitzen und eben zur Bewegung bestimmt sind. Bei den Krinoideen (S. 60, Fig. 38 und S. 63, Fig. 43, 44) nun sitzt der runde Körper auf gelenkem Stiele, ist der Mund nach oben gerichtet und von verzweigten Genitalien-haltigen Greif-Armen mit gegliederten Ranken umstellt, meist wohl ein seitlicher After neben dem Munde; — bei den beweglichen Ophiuren und Asterien (S. 61, Fig. 41) ist der Mund unten, die meist einfachen und biegsamen Arme, auf welchen jene strahligen Poren-Reihen oder Fühlergänge waagrecht verlaufen, selbst zur Fortbewegung mitwirkend; — bei den

mehr massigen Echinoideen (S. 62, Fig. 42) ist der Mund unten, die Lage des Afters veränderlich, die Arme fehlend, die Fühlergänge meridianal vom Mund nach dem entgegengesetzten Pol verlaufend, um welchen 5 (4) Genital-Öffnungen und eben so viele Augen gelagert sind, der Körper, wie auch schon bei den Asterien, von beweglichen Stacheln gehoben und von den Pedizellen fortgezogen; — bei den Holothurien endlich (S. 65, Fig. 46) ein beweglicher waagrechter einfach Walzen-förmiger Körper, mit dem Munde vorn, der einfachen Genital-Öffnung darunter, dem After hinten, die fünf Fühlergänge mitunter ungleich, Arme, Ranken- und Stachel-Anhänge der Oberfläche fehlend. Das Täfel-Werk, welches die Körper-Wand der Seeigel bekleidet, besteht aus 5 Paaren vom Munde aus meridianal zum Scheitel verlaufender Täfel-Reihen, welche von Fühler-Poren durchbohrt Ambulakral-Reihen heißen, und aus 5 andern zwischen den ersten eingeschalteten und eben so verlaufenden Interambulakral-Reihen; das obre Ende jeder Doppelreihe von Ambalakral-Täfelchen bildet ein einzelnes Täfelchen mit einem Augen-Punkt, und damit alternirend und mithin den Interambulakral-Feldern entsprechend liegen die fünf Genital-Täfelchen um den Scheitel. Will man nun einen Seestern mit einem Seeigel vergleichen, so muß man sich beide mit dem Mund nach unten und die 5 Arme des Sterns, welche ebenfalls oft an ihren Spitzen ein Augen-Täfelchen haben, so aufwärts zurückgeschlagen denken, daß die ganze Form eine Kugel wird, die 5 Arme mit ihren Spitzen oben zusammenstoßen, die fünf Augen den gemeinsamen Scheitel-Punkt umstehen, die waagrechten Fühlergänge eine meridianale Lage annehmen, die Genital-Öffnungen aber, welche zuvor gar nicht bleibend oder in großer Anzahl in den Arm-Winkeln auf dem Rücken der Asterien-Scheibe vorhanden gewesen, sich fünf-zählig zwischen die Augen-Punkte erheben. Haben die Asterien einen After, so steht er meist etwas erzentrisch auf dem Rücken der Körper-Scheibe, und der Rücken darf sich daher nur bis zum Scheitel-Punkte der 5 Arme herauf aufschwellen, um den After in dieselbe Lage zu bringen, die er bei vielen Seeigeln einnimmt. Weniger genau läßt sich die Homologie dieser zwei Unter-Typen mit den Krinoideen und Holothurien nachweisen. Zwar werden durch die Befestigung der ersten auf den Stiel die Bauch-Seite, der Mund und die Fühlergänge von unten nach oben gewendet und behalten auch diese Lage bei, wenn Comatula sich frei von ihrem Stiele ablös't. Während aber sonst die Grund- oder

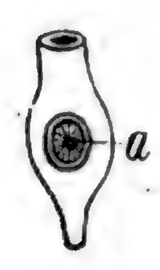
Basal-Täfelchen, welche die meridianalen Täfel-Reihen trugen, den Mund an der Unterseite umgeben, müssen sie hier natürlich an der nach unten gewendeten Dorsal-Seite ihre Stelle einnehmen; doch statt 10 sind deren gewöhnlich nur 3—5, welche wohl als Analoge, nicht aber als Homologe der andern zu betrachten sind. Bei den Holothurien ist das Täfel-Skelett unvollständig, durchbrochen; nur ein fester Kranz von 5, 10—15 Täfelchen umgibt den Mund; auf ihnen ruhen die Reste des Skeletts; an 5 derselben befestigen sich die 5 Muskel-Bündel, welche den Körper der Länge nach durchziehen; unter ihnen liegen die 5 Wasser-Gefäßstämme, welche die Ausspritzung der Füßchen bewirken, und so läßt sich denn auch hier eine Ähnlichkeit mit zurückgeschlagenen Asterien erkennen, wenn gleich die Zahl der innern Genitalien reduzirt und die einzige Genital-Mündung vom After-Ende an den Mund herangerückt ist.

Die Malakozoen, Weichthiere (hemisphenoid, oft ungleichseitig, mit einem Mantel versehen, die After-Öffnung oft in der Nähe des Mundes, keine Füße u. s. w., vergl. S. 78, 79) unterscheiden sich alsbald in A. Kopflose: Bryozoen, Tunikaten, Brachiopoden und Lamellibranchier, und B. in Kopf-Thiere, als Pteropoden, Gastropoden und Cephalopoden. Die ersten sind oft sitzend und kenntlich durch den Mangel eines abgesonderten Kopfes, einer Zunge und konzentrirter Sinnes-Organe; die letzten fast immer frei beweglich, (außer bei einigen Pteropoden) mit deutlichem Kopfe, in dessen Mund stets eine gezähnelte Zunge und an welchem außen gewöhnlich Augen und Fühler vorhanden sind. Die Bryozoen: festsitzend, gleichseitig, nackt oder in Kalkzellen eingeschlossen und mit einander verwachsen, haben den After nahe am Munde und diesen von einem Arm- oder Tentakel-Kranze umgeben; sprossend, ohne sonstige Organe. 2) Die Tunikaten (Fig. 119, 159—161) sind (frei oder festsitzend, einzeln oder zu mehren verwachsen, die einzelnen symmetrisch) alle stets ohne Schaale und bis auf die Kiemen- und die After-Öffnung ganz von ihrem Mantel eingeschlossen; im Grunde der Kiemen-Öffnung liegt erst die Mund-Öffnung und der Verdauungs-Apparat; Darm und Genitalien münden oft wieder neben der Kiemen-Öffnung aus. — 3) Die Brachiopoden oder Armfüßer (Fig. 211) sind festgeheftet, stets mit zwei-klappiger Schaale versehen, der Mund vorn und der After hinten, sonst jedoch vorn und hinten gleich, rechts und links in Muskel- und Schaalen-Bildung ungleich gestaltet, mit zwei spiralen Armen neben dem Munde, doch ohne

eigentliche Mund-Anhänge; der Körper umgeben von den 2 seitlichen Mantel-Lappen, welche auch die Kiemen tragen und ihrerseits von der Schaale bedeckt sind. — 4) Die Lamellibranchier (Fig. 162 bis 164) sind (angewachsen oder frei) mehr und weniger fest-sitzend oder -steckend, vorn und hinten ungleich, aber rechts und links meist ziemlich gleich, vorn der Mund mit 2 Paar dreieckiger Mund-Lappen, rechts und links je eine Genital-Öffnung und doppelte Kiemen-Blätter, welche außen von den freien oder unten verwachsenen Mantel-Lappen, so wie diese von den Klappen der Schaale bedeckt sind; ein Fuß-Muskel unten, der After hinten; 1—2 Quer-Muskeln verbinden das Thier mit der Schaale. Ist der Mantel unten geschlossen, so bildet er hinten (1 bis) 2 Öffnungen oder Röhren, durch deren untere das Wasser zu den Kiemen ein- und aus-strömt und selbst dem Munde Nahrung zuführt (mithin analog der Kiemen-Höhle bei den Tunikaten), während die obere die Fäces fortleitet. — 5) Die schwimmenden Pteropoden (Fig. 156—158), durch zwei Flossen-Lappen vorn unter dem Munde und durch den Mangel eines Fußes ausgezeichnet, sind übrigens sehr veränderlich mit oder ohne Kopf und Schaale, symmetrisch oder unsymmetrisch, After- und Genital-Öffnungen immer vorn, mitunter seitlich. — 6) Die kriechenden Gastropoden (S. 72, Fig. 49, 50) (zu welchen die schwimmenden Heteropoden und einige andre Sippen, so wie die festsitzenden Vermetiden mit gehören oder nur kleine Anhänge bilden) haben den Kopf mit Zunge, Fühlern und Augen vorn, den Mantel ohne oder meistens mit einer symmetrischen oder gewöhnlich spiralen und dann asymmetrischen Schaale auf dem Rücken, einen Kriechfuß unten, After- und Genital-Öffnung einseitig, oft weit vorn, die Kiemen frei oder in einer vom Mantel gebildeten Kiemen-Höhle, deren seitliche Mündung auch dem Darme zu dienen pflegt. — 7) Bei den schwimmenden Cephalopoden endlich (Fig. 212—214, 338, 339) ist der Körper (mit Ausnahme einiger fossilen Sippen) immer fast ganz symmetrisch, der hintre Theil des Körpers vom Mantel umschlossen, übrigens nackt oder beschaalt, gerade oder spiral und im letzten Falle das Schaalen-Gewinde auf der Bauch- statt auf der Rücken-Seite des Thieres liegend; der zweikieferige Mund von 8—10 Greif-, Geh- und Schwimm-Armen umstellt; kein Fuß; die 2—4 pyramidalen Kiemen innerlich; eine unter dem Halse liegende Ausführungs-Röhre sowohl des von den Kiemen kommenden Wassers als zur Ausführung des Inhaltes der After- und Genital-Öffnungen.

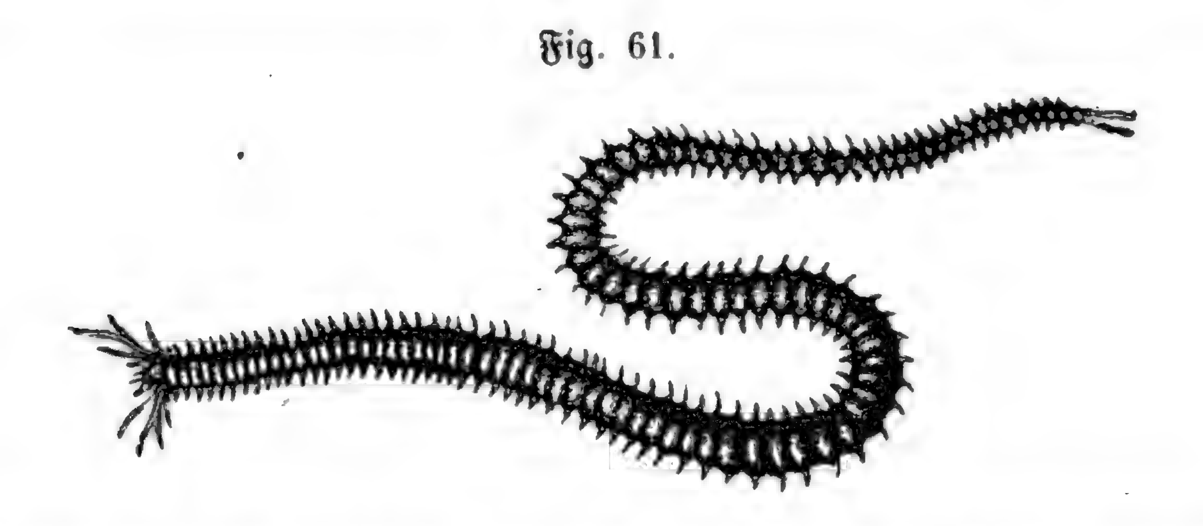
Die Entomozoen zerfallen in A. Kiemen-Kerfe, als Würmer und Kruster, und B. Tracheen-Kerfe, insbesondre Myriopoden, Sechsfüßer und Arachnoideen. 1) Die Würmer sind oft langstreckig, weich, theils verkümmerte Parasiten und dann (Fig. 60.) meist vorn mit Haken-Kränzen und eben dort oder unten mit Saug-Näpfen und mit ungeringeltem Mund-, Darm-, Fuß- und Kiemen-losen Körper, theils sind sie selbstständig (Fig. 47, 48, 61) und dann gewöhnlich viel-, fein- und gleich-ringelig, mit Mund, beweglichen Kiefern, Nahrungs-Kanal, paarigen ungegliederten Borsten-Höckern zur Bewegung, und mit äußeren Kiemen-Büscheln zuweilen am Kopfe oder gewöhnlicher auf den Borsten-Höckern längs der Seiten des Körpers; der After meist hinten, die Genitalien oft am Bauche mündend. An den übrigen Kerb-Thieren lassen sich Kopf, Brust und Hinterleib regelmäßig unterscheiden, der erste durch den Mund und die Sinnes-Organe, die zweite durch die Haupt-Bewegungs-

Fig. 60.



Distomum: a) Saugnapf.

Fig. 61.

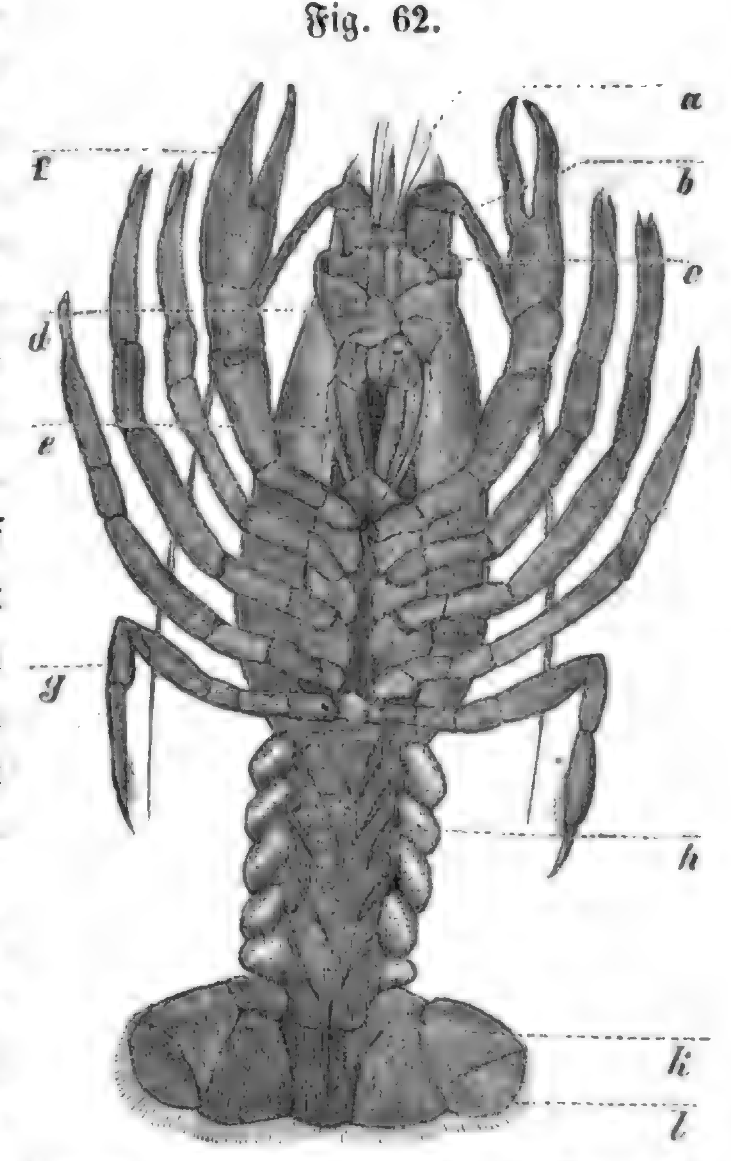


Nereis: mit Kopf-Tentakeln, und geringeltem Körper mit Borsten-Höckern.

Organe und das Herz, der dritte durch die Verdauungs-Organe, wenigstens zum Theile; der Sitz der Genitalien ist veränderlich. An allen läßt sich nach Burmeister ein allgemeines Zahlen-Gesetz für die Glieder von Brust und Hinterleib finden, wenn man (abgesehen von den Ober- oder Fühler-Kiefern der Spinnen) nur ein Kiefer-Paar annimmt und die dahinter gelegenen Hülfs-Organe des Mundes einschließlich der Zunge der Sechsfüßer als verkümmerte oder umgewandelte Füße betrachtet, denen ein Brust-Ringel entsprechen muß. Die Zahlen der Brust-Glieder würden durch Fünf oder seltner Sechs, die der Abdominal-Ringel durch Drei theilbar sein. — 2) Bei den

Krustern (Fig. 62, auch S. 93, Fig. 55) müssen wir nun noch von den fast ungegliederten Rotatorien und den parasitischen Siphonostomen absehen, wenn wir eine allgemeinere Charakteristik ihres Typus geben wollen. Die übrigen zeichnen sich durch ein hartes, deutlich gegliedertes Haut-Skelett aus, dessen hintereinander gelegenen Glieder einen nicht nur nach Kopf, Brust und Abdomen, sondern auch unter sich verschiedenen Werth haben (differenzirt sind). Die Gliederung des Rumpfes wie seiner Anhänge hat vielfach das Ansehen, als ob sich je 3 Glieder mit je einem Paar Anhänge (Füße, Flossen, Kiefer, Fühler) in ein gemeinsames kräftiges Glied zusammenziehen und verschmelzen wollten, um so aus dem unbestimmt und gleich vielzähligen Untertypus der Borsten-Würmer in den der höheren Kerbthiere überzugehen. Der Kopf (oft mit der Brust verwachsen) mit zwei zusammengesetzten seitlichen Augen und 2 Paaren zuweilen ästiger Fühler versehen; die Brust nach dem genannten Naturforscher entweder 2×5- oder x×3-, (6-, 9-, 12-) gliedrig; das Abdomen (wenn vorhanden) 6- oder 12gliedrig, oft mit einer terminalen Flosse; Fuß-Paare gegliedert, ein Paar eigentlich jedem Körper-Ringel zukommend, doch in Folge theilweiser Verkümmerung oder Umwandlung an Zahl sehr veränderlich: 3, 5, 7, 8 und mehr, bei Einrechnung der 1—5 sogenannten Unterkiefer-Paare oft 10, bald an der Brust allein, bald auch an anderen Ringeln in Flossen-Form oder zum Gehen entwickelt; Kiemen verdeckt oder frei, stets mit einem Theile der Füße in Verbindung; Genital-Öffnung oft paarig

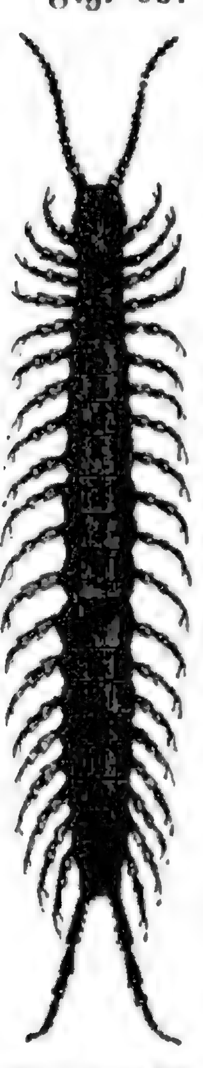
Fig. 62.



Astacus fluviatilis; a a innere Antennen, b b äußere Antennen, mit dem Gehör-Organ d in den Basalgliedern, c c Augen, e letzte Bein-Kiefer (Anhänge des dritten Brust-Ringels), f — g fünf Bein-Paare (Anhänge der fünf Abdominal-Segmente), f Greiffüße, g Gehfüße, h Afterfüße des Postabdomen, l Schwanz-Flosse (letztes Afterfußpaar), k After.

am vorletzten oder letzten Gliede der Brust; After terminal*). Unter den Tracheen-Insekten sind 3) die Myriopoden (Fig. 63, auch Fig. 350) den vorigen in der Vielgliedrigkeit des Körpers gleich, aber die Glieder unter sich nicht abweichend, und kaum die Brust- von den Bauch-Ringeln verschieden, jedes Glied 1—2 Paar einfacher unter sich gleicher Füße und im ersten Falle ein, im letzten nur abwechselnd ein Paar Stigmate tragend; die Brust scheint aus drei Ringeln zusammengesetzt (so viele kommen öfters aus dem Ei), deren Zahl sich ebenfalls auf 5 erhöht, wenn man die 4lappige sogenannte Zunge als 2 Gliedern entsprechend betrachtet; dahinter sitzen dann die Genital-Öffnungen. Während der Metamorphose sieht man oft je drei Leibes-Ringel sich auf einmal entwickeln, daher dann die Gesammtzahl ebenfalls durch Drei theilbar ist. Der Kopf abgesondert mit einem Paare seitlicher zusammengesetzter Augen oder 2 Gruppen zusammengehäufter Punkt-Augen. Die Tracheen durchziehen den ganzen Körper. — 4) Die Arachnoideen (Fig. 64) sind aus undeutlich gegliederter Kopf-Brust und Abdomen zusammengesetzt, der Kopf 0—12äugig; die Fühler in Greif-Organe, sogenannte Oberkiefer verwandelt; die wirklichen Oberkiefer zum Käuen fehlend; die Unterkiefer mit Palpen, als erstes Fuß-Paar zu betrachten, was mit den vier folgenden Fuß-Paaren von normaler Form zusammen fünf Paare ausmacht, die wieder einer fünfgliedrigen Brust entsprechen; der Hinterleib meist undeutlich gegliedert, 6- und seltener (2×6) 12ringelig, ohne Spur von Füßen, an seiner Basis mit mittler Genital-Öffnung, am Ende mit dem After und zuweilen den Spinn-Organen; die Stigmata an den Seiten, zuweilen schon an der Brust, gewöhnlich erst am Abdomen, 1—2 oder 4 Paare, daher nur auf einen Theil des Körpers beschränkt. — 5) Die Sechsfüßer (Fig. 65, vergl. noch

Fig. 63.



Scolopendra.

*) Auch Milne Edwards hat die Zusammensetzung verschiedener Krustazeen-Gruppen aus homonymen Elementen verfolgt; die höheren besitzen nach seiner Zergliederungs-Weise 14 Kopfbrust- und 7 Abdominal- oder Postabdominal-Glieder, von welchen ersten theils (Podophthalmen) 9 auf den Kopf und 5 auf die Brust, theils (Hedriophthalmen zum Theil) 7 auf den Kopf und 7 auf die Brust kommen.

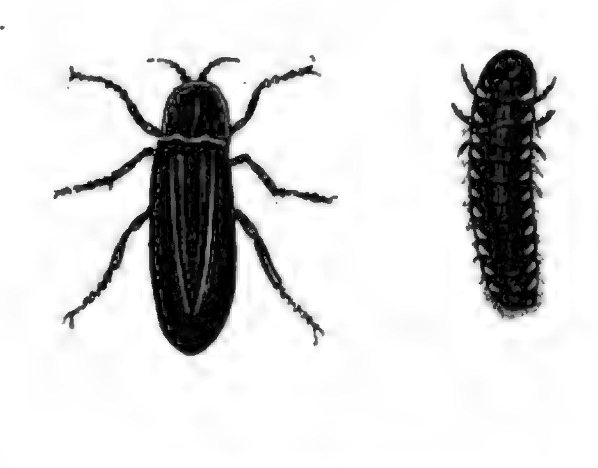
Fig. 307, 311—318) haben einen deutlich gegliederten Leib, einen abgesetzten Kopf mit 2 Fühlern, zwei seitlichen zusammengesetzten und 0—3 mittelständigen Punkt-Augen, eine dreigliedrige Brust mit

Fig. 64.




Lycosa tarantula.

Fig. 65.



Lampyris: Käfer und Larve.

drei Fuß-Paaren, deren Zahlen sich aber auf Fünf erheben würden, wenn man mit Burmeister die Unterkiefer und Unterlippe als bloße Umbildungen von Brustfüßen betrachtete; das hinterste Brust-Glied oben 1—2 Paar Flügel tragend; Abdomen 9gliedrig ohne Spur von Füßen; die meisten Glieder des Körpers mit seitlichen subdorsalen Stigmaten; die einfache Genital- und die After-Öffnung am Ende des Hinterleibes. Im Übrigen alle Hexapoden, obwohl sie die Hälfte aller Thier-Arten bieten, genau nach demselben Grund-Plane gebildet. — Wie Strauß-Dürkheim schon vor längerer Zeit nachgewiesen, daß die Mund-Werkzeuge aller Hexapoden-Ordnungen, seien sie anscheinend auch noch so verschiedenartig, zum Käuen oder zum Saugen bestimmt, sich immer wieder auf dieselbe Zahl und dieselben Arten von Elementar-Theilen zurückführen lassen, so hat kürzlich Jacquelin du Val dasselbe Gesetz für das ganze äußere Skelett der sechsfüßigen Insekten geltend gemacht. Alle Segmente ihres Körpers, wie manchfaltigen Größe- und Form-Abänderungen sie auch unterliegen mögen, um sich der jedesmaligen Gesammt-Form des Körpers anzupassen, bestehen demnach aus einem obern und untern Bogen, jeder auf jeder Seite der Mittellinie aus vier oben und unten analogen und beiderseits symmetrischen Stücken und aus einem Anhang zusammengesetzt; jedes Segment zählt also 16 solcher Stücke und 4 Anhänge im Ganzen. Der Anhang sitzt immer am zweiten der 4 Stücke, welches auch das bedeutendste von allen

und gewöhnlich noch in mehre kleinere unterabgetheilt ist. Die Form und die Lage dieser Stücke können wechseln, sie können sich an einander verschieben, aber ihre gegenseitige Grund-Verbindung bleibt doch immer dieselbe.

Eben so einförmig ist der Grund-Plan für die Wirbelthiere, wie groß auch die Verschiedenheiten in der inneren Organisation der verschiedenen Klassen derselben sein mögen. Überall das innere gegliederte Skelett, die unbestimmte Wirbel-Zahl, die 2 Extremitäten-Paare an ihren Enden mit mehren nebeneinander liegenden Radien. Die Veränderungen, welche etwa durch Verkümmerung von 1—2 Paar Extremitäten, oder des Schwanzes, oder durch Aufrichtung des ganzen Körpers auf die hinteren Extremitäten eintreten, sind auf einzelne Gruppen in jeder Wirbelthier-Klasse beschränkt, meist unstät und zufällig durch andre Ursachen bedingt. Die Untertypen des Grund-Planes sind also am stätesten und unveränderlichsten bei der obersten (der zweit-obersten?) und jedenfalls Arten-reichsten Klasse des Kerbthier-Kreises und im ganzen Kreise der Wirbel-Thiere, — wie wir denn auch in den obersten und Arten-reichsten Kreisen des Pflanzen-Reichs die wenigsten erheblichen Wechsel im Grund-Typus wahrzunehmen Gelegenheit hatten.

Auch bei diesen Untertypen des Grund-Planes bestätigt sich übrigens die Bemerkung, welche wir schon oben bei den Haupt-Typen machen mußten, daß aus den doch ziemlich weitläufig aufgezählten Stellungs-Charakteren derselben ihre Vollkommenheits-Abstufungen keineswegs zu erkennen sind. Würfelte man diese Charakteristiken der einzelnen Untertypen, ohne die Namen beizufügen, durcheinander, so würde niemand zu sagen vermögen, welche die vollkommneren und welche die unvollkommneren seien, wenn er nicht etwa zuerst aus der Beschreibung der Einzelnheiten oder aus den Namen der Organe die Kruster, die Spinnen, die Würmer, die Hexapoden ꝛc. als solche herauserkannt hätte.

b) Die Gesetze progressiver Entwickelung der Organe.

Wenn wir die verschiedenen Grund-Plane der Pflanzen- und Thier-Kreise nicht nach der vorangehenden Charakteristik, sondern in der Natur selbst mit einander vergleichen, so machen wir alsbald die Wahrnehmung, daß jeder derselben nicht nur einer andern, sondern auch einer höheren oder tieferen Entwickelungs- und Vollkommenheits-Stufe dieser Wesen entspricht und über oder unter den

übrigen steht, daß es jedoch mehr die Gesetze der progressiven Entwickelung und der Anpassung der Organe an die äußeren Existenz-Bedingungen sind, wodurch die Höhe und Tiefe der Stellung der Typen bedingt ist, als deren geometrische Verschiedenheit an und für sich. Dagegen vermögen die Progressions-Gesetze keine durchgreifenden Verschiedenheiten in allen Organisations-Verhältnissen zugleich zu bewirken und eben so scharf von einander getrennte Gruppen herzustellen. Die verschiedenen Grund-Plane scheiden die Kreise oder Unterreiche und verknüpfen das in jedem derselben Beisammenbefindliche inniger; die Progressions- und Anpassungs-Gesetze verbinden die Kreise mit einander, machen sie im Innern variiren, heben die einen über die andern empor und wiederholen sich alle in allen.

Den Progressions-Gesetzen liegt die Thatsache zu Grunde, daß kein Organ bei Pflanzen oder Thieren sogleich schon in einiger Vollkommenheit auftritt, sondern jedes derselben sich vor unsern Augen gleichsam aus nichts entwickelt, als unscheinbarstes Rudiment, als verschwommene Andeutung beginnt und sich erst allmählich durch gewisse gesetzliche Veränderungen, die für alle die nämlichen sind, zu seiner Vollendung emporringt, wie wir sie in den obersten Kreisen beider Reiche wahrnehmen.

Diese Gesetze systematischer Entwickelung verhalten sich aber auch zum ganzen Pflanzen- oder Thier-Reiche wie die der individuellen Entwickelung zum Individuum und sind diesen oft so analog, daß in deren beiderseitigem Entwickelungs-Verlaufe die größte Übereinstimmung herrscht. Pflanzen und Thiere tiefer stehender Gruppen eines Kreises, einer Klasse oder Familie unterscheiden sich von höher stehenden oft genau durch dieselben oder doch durch sehr analoge Merkmale, wie der Embryo einer Thier-Art von dem reifen Stande derselben, daher Agassiz jene unvollkommneren Bildungen solchen höheren gegenüber als „embryonische Typen" bezeichnet hat. — Aber indem die Progressions-Gesetze auf die in den verschiedenen Kreisen vorhandenen Grund-Plane und Materialien zugleich angewendet werden, bewirken sie auch oft die Bildung in Organisation und Lebens-Weise einander analoger Pflanzen- und Thier-Gruppen und Stufenleitern in ganz verschiedenen Kreisen. Ja, die bemerkenswertheste Erscheinung besteht darin, daß die von den Progressiv-Gesetzen abhängenden einzelnen Charaktere der Organe bei den unvollkommensten Wesen eines höheren Kreises fast stets unvollkommner sind,

als bei den vollkommensten Wesen des nächst tiefer stehenden Kreises; die embryonale Stufe des höheren liegt unter der reifen Stufe des tieferen. Unter solchen Verhältnissen erklärt es sich denn auch ganz einfach, warum das System nie einer einfachen aufsteigenden Reihe entsprechen, nie eine gerade einfache Stufenleiter bilden kann, wenn man auch von den Analogie'n der auf verschiedenen Stufen übereinander stehenden Gruppen ganz absehen will. So stehen z. B. die Webe-Spinnen in der Arachnoideen-Klasse hoch über den andern Kerbthieren, die Krabben in der Kruster-Klasse hoch über den Ringelwürmern; aber beide Klassen sinken mit ihren unvollkommensten Gliedern, jene mit den Milben so tief unter alle Sechsfüßer und Myriopoden, diese mit den Rotatorien und Lernäen so weit unter die vollkommneren Würmer herab, daß jede Reihenstellung unmöglich wird und eben nur für die Grund-Typen im Ganzen genommen durchführbar ist.

Diese Gesetze der fortschreitenden Entwickelung der Organe im Systeme verdienen daher theils zur Verständniß des Planes der Natur an sich und theils ihrer klassifikatorischen Verwendung halber die größte Berücksichtigung, sollten vielleicht auch einzelne Bestandtheile derselben, wie wir sie jetzt aufstellen, einer späteren Beschränkung oder genaueren Formulirung fähig sein.

Diese Gesetze sind:

1) Fortschreitende Differenzirung der zwei Hauptfunktionen bei den Pflanzen, der vier hauptsächlichen Lebens-Verrichtungen bei den Thieren, und eben so der zu ihrer Vermittelung dienenden Organe, zuerst unter sich und dann durch Zerlegung derselben in eine Reihe untergeordneter Akte und Organe, wie z. B. die Ernährung der Thiere anfangs nur in einer oberflächlichen Aufsaugung organischer Stoffe besteht, dann aber auf höheren Stufen des Thier-Reichs allmählich in Mandukation, Zerstückung, Einspeichelung, Verschlingung, Verdauung der Nahrung, Resorption, Kreislauf, Respiration und Sekretion der Säfte und Exkretion des nicht Assimilirbaren besteht, und jedem dieser Akte auch ein besondres oft sehr zusammengesetztes Unter-Organ entspricht.
2) Reduktion der Zahlen gleichnamiger Organe.
3) Konzentrirung der Funktionen und ihrer Organe auf bestimmte Theile des Körpers.
4) Zentralisirung eines jeden ganzen oder theilweisen Organen-

Systems, so daß seine ganze Thätigkeit von einem Zentral-Organe abhängig wird.

5) Internirung insbesondre der edelsten Organe, so weit sie nicht eben nothwendig an der Oberfläche hervortreten müssen, um die Beziehungen des Thieres mit der Außenwelt zu unterhalten.

6) Größre räumliche Ausdehnung im Einzelnen und Ganzen.

Das erste dieser Gesetze ist bei weitem das wichtigste und beherrschendste von Allen; es zeichnet schon fast für sich allein den Gang vor, welchen die Natur bei Aufrichtung ihres Systemes gewählt hat, und ist noch weitrer Zerlegung fähig. Die drei folgenden hängen mit diesem ersten und unter sich so enge zusammen, daß man sie mit dem ersten als Ausflüsse eines gemeinsamen Prinzips auffassen kann, da die Lokalisirung der Funktionen und ihrer Organe als eine beginnende, die Zentralisirung als eine vollendete Differenzirung betrachtet werden kann und die Reduzirung der Zahlen, wenn sie zur Vervollkommnung führen soll, mit einer Differenzirung der zu reduzirenden Organe verbunden sein muß. Es ist daher mehr die Wichtigkeit und ständige Wiederholung der von diesen drei Untergesetzen abhängigen Erscheinungen und das Interesse deutlicherer Darstellung als ihre gegenseitige Unabhängigkeit, welche uns zu ihrer Nebeneinanderstellung statt Unterordnung veranlaßt. Das 3. bis 5. dieser Gesetze schreiten bis zum äußersten Grade ihrer Ausprägung voran, für das 2. und 6. gibt es jedoch oft Grenzen, welche insbesondre das zweite nicht überschreiten darf, ohne entgegengesetzte Wirkungen, ohne insbesondre ein Zurückbleiben der Organe und ihrer Funktionen auf niedrigerer Stufe zu bewirken.

Im Übrigen sind diese Gesetze in sofern unabhängig von einander, als das eine ohne das andre wirken und ein Organen-System höher als das andre heben oder auch dasselbe System in einer Hinsicht allein vervollkommnen kann, ohne daß es in den andern mit erhoben würde. Es kann sodann auch eine Klasse, Ordnung oder Sippe in der einen Beziehung höher stehen, ohne im Ganzen den übrigen überlegen zu sein, wodurch die manchfaltigsten Abstufungen hervorgerufen werden. Wenn nun alle diese Gesetze, indem sie immer weiter voranschreiten, nicht nur manchfaltigere, sondern auch vollkommnere Organismen hervorbringen, so muß ihre Wirkung auf die höchsten Organen-Systeme eines jeden Organismen-Reiches, so wie auf diejenigen Organen-Systeme hierbei am entscheidendsten sein, deren Bildungs-Weise, von äußeren Einflüssen am unab-

hängigsten, auch als der reinste Ausdruck dieser Entwickelungs-Gesetze erscheint. Dieß sind bei den Pflanzen in nicht so sehr vorwiegendem Grade die Generations-, bei den Thieren die Generations- und vorzüglich die Empfindungs-Organe. Bei den Pflanzen beruhte daher auf ihnen auch das ganze Linné'sche System; bei den Thieren bildet das Nerven-System die Haupt-Grundlage der fünf Haupt-Typen, während das Generations-System sich am wesentlichsten bei den höchsten und vollkommensten Klassen betheiligt, wo die Brut und Jungen-Pflege zur Grundlage des Familien-Lebens, zur Theilung der Arbeit unter den Individuen einer Familie wird und mit der Entwickelung der wichtigsten Nerven-Funktionen im innigsten Zusammenhange steht. Daraus folgt denn auch für die später aufzustellenden Grundsätze über die Unterordnung der Charaktere, daß bei der Gestaltung des Thier-Systems Beweise höherer geistiger Entwickelung der Thiere selbst dann nicht ganz unberücksichtigt bleiben dürfen, wenn wir einen bestimmten körperlichen Ausdruck derselben im Nerven-System noch nicht nachzuweisen vermögend sein sollten.

Wir verlassen mit diesen allgemeinen Bemerkungen die Gesetze der progressiven Entwickelung der Organe auf eine kurze Zeit, um uns zuerst zur Erörterung der Gesetze über die Anpassung der Organisation an die äußeren Existenz-Bedingungen zu wenden. Nachher werden wir die Entwickelung der Progressiv-Gesetze in ihrer ganzen Vollständigkeit als die Hauptaufgabe unsrer gegenwärtigen Betrachtungen weiter verfolgen, wobei wir sie mit jenen sich manchfaltig durchkreuzen zu sehen bereit sein müssen.

c) Die Gesetze der Anpassung der Organisation an äußere Existenz-Bedingungen.

Die verschiedenen äußeren Existenz-Bedingungen, welchen sich die Organisation aller Typen des Pflanzen- wie des Thier-Reiches und alle durch die Progressiv-Gesetze hervorgebrachten Modifikationen derselben anzufügen haben, beruhen in den verschiedenen Graden von Wärme und von Licht, in der verschiedenen organischen oder unorganischen, wässerigen oder luftigen Natur des Elementes, worin sie leben, und in der unorganischen oder organischen, vegetabilischen oder animalischen, todten oder lebendigen Nahrung, von der sie bestehen und wachsen, oder, noch allgemeiner und kürzer ausgedrückt, in ihrem Verhältnisse zum Boden, zu den Atmosphärilien und der

organischen Welt. Diese äußeren Bedingungen, mit welchen ihre eigene Organisation zu verkehren hat, erheischt eine Anpassung vorzugsweise der Athmungs- und Bewegungs-, der Mandukations- und Verdauungs-Werkzeuge und der Bekleidungs-Art, in viel minder verschiedenartiger Weise auch der Sinnes-Organe, des Gefäß-Systemes; am wenigsten wird das System der Fortpflanzungs-Werkzeuge und das Hauptnerven-System davon berührt. Der alte Satz „Omne ens ex aqua“ ist auch heute noch richtig, wenn wir allen Wesen statt der wässerigen eine tropfbar flüssige Ursprungs-Quelle zuschreiben. Aber diejenigen Organismen, welche lebenslänglich in einem tropfbar flüssigen Medium fortzuleben vermögen, brauchen sich dann auch weniger weit von ihrer ursprünglichen Organisation zu entfernen, als jene, welche zur Reife in dem luftigen Elemente berufen sind; sie bleiben dem embryonischen Zustande näher. Daher sind Wasser-Bewohner und die Parasiten, welche sich unmittelbar von den durch andre Organismen schon zubereiteten Nahrungs-Säften nähren können, im Allgemeinen unvollkommner als Luft-Bewohner und Nichtparasiten, und die Süßwasser-Bewohner stehen den Land-Bewohnern in ihrer Organisation überall näher als die See-Bewohner.

Schon aus dem Gesagten geht hervor, daß diese äußeren Einflüsse viel weniger wesentlich und manchfaltig auf die Pflanzen als auf die Thiere einwirken können, indem nur das eine ihrer beiden Organen-Systeme davon betroffen wird, während bei den Thieren außer den Ernährungs- und Bewegungs-Organen auch noch die zum Nerven-Systeme gehörigen Sinnes-Werkzeuge mancherlei Abänderungen ausgesetzt sind. Ihr ganzer Verkehr mit der Außenwelt beschränkt sich auf die Befestigung in oder auf einer Unterlage, auf die Aufnahme von kohlensaurem Wasser und Ammoniak mit einigen erdigen Theilchen aus dem Boden und auf die tägliche wechselweise Aus- und Ein-athmung von Sauerstoff, Kohlensäure und Wasser aus der Luft durch die Blätter; ein gewisser Grad von Wärme, der für manche Pflanzen ein sehr niedriger sein kann, muß ihre Lebens-Thätigkeit erregen, Licht dabei mitwirken und insbesondre die Fruktifikation befördern. So vermögen die Pflanzen organischen Stoff zu bereiten für ihre eigne Entwickelung und zur Nahrung der Thiere. Die Wasser-Pflanzen machen gegen die Land-Pflanzen nur eine sehr geringe Anzahl (0,01) aus und gehören vorzugsweise den unvollkommensten Typen an, weil sie, ganz ins Wasser versenkt, nicht diese Gegensätze äußrer Einflüsse von Licht und Schatten, Luft

und Wasser auf Wurzel und Stengel genießen, die ihnen auf dem Lande so sehr förderlich sind. Die im salzigen wie im süßen Wasser oft in beträchtlichen und schon düsteren Tiefen vorhandenen Pflanzen, meistens aus Fukoiden und andern Algen bestehend, und die vorzugsweise parasitischen Pilze sind die unvollkommensten Vegetabilien-Formen, die es gibt, und auch die noch übrigen Wasser-Gewächse des Süßwassers und die übrigen Parasiten, welche diesen Namen jedoch schon in geringerem Grade verdienen, sich mehr auf Bäumen befestigen, als aus ihnen Nahrung ziehen wollen (Loranthaceen, Vanillen ꝛc.), gehören theils Monokotyledonen und theils unvollkommneren (polypetalen) Dikotyledonen an. Bei den Land-Pflanzen sind die Natur des Bodens, die Wärme des Klima's, die Intensität des Lichtes allerdings auf das äußre Ansehen und auf die Auswahl der Arten, Sippen und oft selbst Familien der Pflanzen, welche da gedeihen, von Einfluß, scheinen aber nicht selbst solche Eigenthümlichkeiten der Organisation zu erheischen, welche von dem Gewichte wären, um stets neue Sippen, Familien u. s. w. begründen zu können. Sind auch die schwimmenden Blätter vieler Wasser-Pflanzen glatt, oft breit und glänzend, die Bewohner des trocknen Bodens und besonders auf höheren Gebirgen oft dicht und stark behaart, die des Sandes meist trocken, blaugrün und behaart, die kahler Felsen oder ebenfalls trocknen Sandes oft saftig und bloß von den Bestandtheilen der Luft genährt, die der höchsten Breiten perennirende Kräuter und Stauden (zuletzt allerdings nur noch Moose und Flechten), die der See-Küste Natron-haltig: aber davon abhängige gemeinsame Organisationen, welche eigenthümliche Familien charakterisirten, besitzen sie nicht.

Bei weitem beträchtlicher nach ihrer absoluten Zahl sowohl als im Verhältnisse der Gesammtheit der Thiere ist die Anzahl der Wasser-Thiere, und auch hier bestätigt es sich, daß die unvollkommensten dieser Wesen dem Wasser angehören und daß die Süßwasser-Bewohner ihren Verwandtschaften nach zwischen den See- und Land-Bewohnern das Mittel halten. Je höher und vollkommner diese Organismen werden, desto zahlreicher erheben sie sich aus dem Wasser um auf's Land überzugehen, obwohl sich im Systeme die See-, Süßwasser- und Land-Bewohner in größeren und kleineren Gruppen fast fortwährend durcheinander mengen. Dieß wird uns klarer, wenn wir berücksichtigen, daß alle Thiere sich aus flüssigen Stoffen entwickeln; — daß selbst bloß gallertartige Thiere im Wasser

die zu ihren Aktionen nöthige Spannkraft besitzen, während sie in der Luft in Folge der Verdunstung rasch zusammenfallen und zu ihren Lebens-Verrichtungen unfähig werden würden; — daß die schon vom Wasser getragenen Thiere keiner Muskel-Kraft zu ihrer Stützung und nur wenig zum Orts-Wechsel und zum Ergreifen ihrer Beute bedürfen, daher ein die Verdunstung beschränkendes Haut-System, derbere Muskeln und ein äußres oder innres Skelett allen Land-Thieren unentbehrlich sind; — daß endlich das Wasser in gleichem Raume nur 0,06 von dem Volumen der Athmungs-Flüssigkeit wie die Atmosphäre enthält, und daß seine Luft mit zunehmender Tiefe rasch viel reicher an Kohlensäure und ärmer an Stick- und Sauer-Stoff wird, dessen eingeathmete Menge immer mit der Energie der Lebens-Thätigkeit in genauem Verhältnisse steht. Das Menge-Verhältniß und die Vertheilung der Wasser-Thiere im Systeme geht am anschaulichsten aus der auf folgender Seite befindlichen Tabelle hervor, wo die Arten-Zahl jeder Thier-Klasse in vier Theile getheilt und dann durch die Ziffern 1, 2, 3, 4 ausgedrückt ist, wie viele von diesen Theilen ungefähr (ohne Rücksicht auf die absoluten Arten-Zahlen) als See-, als Süßwasser- und als Land-Bewohner bekannt sind. Ein † in irgend einer Rubrike deutet das Vorkommen einer weit geringeren Quote oder nur einzelner Arten an. In letzter Linie ist die absolute Anzahl der Arten jeder Klasse ungefähr angegeben.

Aus dieser Zusammenstellung ziehen wir folgende Ergebnisse: a) Die zwei untersten Kreise bestehen nur aus Wasser-Bewohnern; die ersten Luft-Bewohner treten in verhältnißmäßig noch geringer Menge (1/16) erst unter den Weichthieren auf, nehmen bei den Kerbthieren zu (8/16) und erreichen, wenn man die Zahl der Klassen und nicht die der Arten zum Maaßstab nimmt, die höchste Zahlen-Stufe bei den Wirbelthieren (11/16). Dagegen werden die Gruppen der Wasser-Bewohner immer seltener und kleiner, je höher man sich im Systeme erhebt. Süßwasser-Bewohner kommen in allen Kreisen vor, überall nur eine untergeordnete Quote betragend. Doch ist eine Stufen-Folge von See-, Süßwasser- und Land-Bewohnern zu erkennen, wenn man deren Arten-Zahl berücksichtigt. b) Der unterste Kreis, die unterste Klasse des zweiten Kreises, die untersten Familien oder Sippen der meisten übrigen Klassen von Evertebraten des Wassers haben keine besondren Athmungs-Organe. Von den übrigen sind die Wasser-Bewohner, mit Ausnahme der meisten Süßwasser-Gastropoden und der Säugethiere, mit Kiemen versehen;

Unterreiche . . .	I. Amorphozoen.			II. Aktinozoen.			III. Malakozoen.				IV. Entomozoen.				V. Spondylozoen.				Im Ganzen	
Haupt-Klassen . .	Spongiarien ?	Rhizopoden	Infusorien	Polypen	Malacophen	Echinodermen	Bryozoen	Acephalen	Gastropoden	Cephalopoden	Würmer	Kruster	Tracheaten geflügelte	Tracheaten ungeflügelte	Fische	Reptilien	Vögel	Säugethiere	Klassen-Viertel	Arten
Luft	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	†	†	4	4	—	3	4	4	20	83275
Süßwasser	†	†	2	†	—	—	—	1	†	—	†	†	†	—	1	1	—	†	5	3675
Seewasser	4	4	2	4	4	4	4	3	3	4	4	4	—	—	3	†	—	†	47	25900
Zahl aller lebenden Arten	250	1000	300	1000	250	600	1000	5000	13000	250	1000	1000	67000	1000	8000	1100	9000	2200	72	112850

diese letzten und die Land-Bewohner athmen durch Tracheen (Luftröhren) oder Lungen. Somit gestaltet sich auch hier eine ebenfalls nach der Vertheilung der Wasser-Bewohner im Systeme modifizirte Stufen-Reihe: Athem-lose, Kiemen-Thiere, Lungen-Thiere. c) Dem Aufenthalte in den verschiedenen Elementen entsprechend sind auch die Bewegungs-Organe, und wir würden sogleich nach einer dritten Stufenleiter etwa festgewachsene, schwimmende, gehende und fliegende Thiere unterscheiden können, wenn nicht eine nähere Betrachtung die Anzahl der Stufen zu vermehren und ihre Reihen-Folge in nähere Erwägung zu ziehen veranlaßte, der wir jedoch noch einen Grundsatz von allgemeinerer Anwendbarkeit in Bezug auf die Feststellung der aufsteigenden Reihen-Ordnung der Organismen voraussenden müssen.

Wir erkennen den ungefähren Anfangs-Punkt des Thier-Systemes in den Spongien und Rhizopoden; wir kennen sehr genau seinen Kulminations-Punkt, den Menschen. Alle übrigen Thiere reihen sich zwischen diese zwei End-Punkte ein, aber nicht bei allen wird sogleich die genaue Reihen-Folge aus der Organisation an sich selbst klar. Je mehr nun eine Thier-Gruppe andern gegenüber Eigenschaften jener 2 Amorphozoen-Klassen in sich vereint, desto tiefer wird sie unter den übrigen stehen; je mehr Charaktere des Menschen sie andern gegenüber in sich versammelt zeigt, desto höher wird sie über diesen letztern und desto näher dem Menschen stehen. Sollte aber eine Thier-Gruppe in der Ausbildung irgend eines Organes oder irgend einer Fähigkeit den Menschen sogar noch übertreffen, so ist Dieß nur eine einseitige Entwickelung, von welcher das Organ oder die Fähigkeit wieder herabkommen muß, wenn sich ein Organismus dem Menschen durch eine allseitig harmonische Entwickelung noch mehr nähern soll. Dieß gilt namentlich in Bezug auf die höhere Vollkommenheit der Sinnes- oder Bewegungs-Organe mancher Thiere, deren höhere Ausbildung aber mit der höchsten Vollkommenheit des Gesammt-Organismus nicht verträglich ist. In tiefer stehenden Gruppen können andre Verhältnisse analoger Art vorkommen und dann auf ähnliche Weise entschieden werden müssen.

Die Bewegungs-Organe nun sollen den Körper sowohl tragen als voran-bewegen. Je dichter das Medium ist, desto leichter ist der Körper zu tragen, weil die Bewegungs-Organe durch ihre Thätigkeit nur Das zu tragen haben, was der Körper mehr wiegt, als das von ihm verdrängte gleiche Volumen des Mediums. Dagegen ist der Widerstand desto größer, welchen er bei seiner Propulsion

zu überwinden hat. Nun gibt es bei den Wasser- wie bei den Land-Bewohnern solche, die sich auf fester Unterlage fortbewegen oder gehen, und solche, die in dem Medium schwimmen, beziehungsweise fliegen. Während für Geher und Schwimmer die Schwierigkeit der Propulsion im dichteren Wasser etwas größer ist und eine stärkere Muskel-Thätigkeit voraussetzt, wird die Tragung für beide fast Null, da ihr Körper fast gleiche Eigenschwere wie das Wasser besitzt, so daß, wenn sie in bewegtem Wasser gehen sollen, sie entweder noch mit kalkigen Krusten beschwert sein, oder während des Gehens immer wenigstens mit einem Theile der Geh-Organe (Kriechsohle der Schnecken, Saugnäpfe der Blutegel, Pedizellen der Seeigel ic.) am Boden festkleben müssen. Desto schwieriger aber wird die Tragung für die schwimmenden (fliegenden) Luft-Bewohner, welche viel schwerer als Luft sind*). Das Schwimmen im Wasser ist daher, wenn es auf große Schnelligkeit nicht ankommt, die einfachste und leichteste aller Bewegungs-Arten und mit den unvollkommensten Mitteln zu bewirken, wie sich schon daraus ergibt, daß bei den niedrigsten Organismen die Bewegung der Flimmerhaare, womit ihre Oberfläche besetzt ist und welche bei größeren Thieren nur die mit ihrer Oberfläche in nächster Berührung stehende Flüssigkeit erneuern soll, oft leichter das ganze Thierchen in rasche Propulsion versetzt, als die Trägheit des umgebenden Wassers überwindet. Etwas schwerer ist meistens das Gehen auf fester Unterlage im Wasser, weil ein Theil des Körper-Gewichtes getragen werden muß; ein rasches Gehen aber scheint des Widerstandes wegen ganz unmöglich. Noch schwieriger ist das Gehen in der Luft, weil der ganze Überschuß des Körper-Gewichtes über das eines gleichen Volumens Luft getragen werden muß, wenn auch die Propulsion weniger Widerstand erfährt. Am schwersten endlich von allen Lokomotions-Arten ist das Fliegen, da nicht nur das gleiche Gewicht wie

*) Dieser Gegenstand wird in vergleichend-anatomisch-physiologischen Werken zwar ausführlicher und erschöpfender behandelt, als es unser Zweck erheischt, aber nicht überall unter richtiger Vergegenwärtigung aller Verhältnisse. So wird das Voranschweben des Vogels durch die Luft in Folge einiger Flügel-Schläge viel zu leicht durch die Vergleichung mit einem Papier-Drachen dargestellt, der sogar gegen den Wind ansteige, ohne zu berücksichtigen, daß sowohl eben die Möglichkeit so kräftiger Flügel-Schläge eine um so beträchtlichere Kraft-Anwendung auf einmal erheischt, als daß auf den Drachen fortwährend eine ganz unverhältnißmäßig große Zug- und Wind-Kraft wirkt, wovon die erste ohne Gegenwirkung der letztern nichts ausrichten kann, aber sie noch zum Theil überwinden muß.

vorhin ohne alle feste Stütze im leichteren Medium schwebend erhalten werden muß, sondern auch der Widerstand, welchen die Propulsion erfährt, mit der mehrfach beschleunigten Geschwindigkeit in gleichem Verhältnisse wächst. Da nun die fliegenden Vögel und Insekten nicht nur die schnellsten Thiere sind und durch die wenigsten Hindernisse aufgehalten werden, sondern auch gewöhnlich noch gut gehen oder laufen und oft noch schwimmen können, so würden sie hinsichtlich ihrer Bewegungs-Fähigkeit als die vollkommensten Organismen zu betrachten sein, wenn nicht nach dem oben aufgestellten Grundsatze zu berücksichtigen bliebe, daß sie sich eben dadurch vom Kulminations-Punkt der Thier-Reihe entfernen, und daß überhaupt der thierische Organismus, in dieser Richtung weiter entwickelt, sicher nicht im Stande wäre, einen mit jenem anderen gleich hohen Kulminations-Punkt zu erreichen. Nur bei dem vorherrschenden Aufenthalt auf der Erd-Oberfläche, nicht im Wasser und nicht in der Höhe der Luft, ist jenes Ziel zu erreichen möglich.

Einen anderen Gegenstand näherer Untersuchung bilden für uns die festgewachsenen Thiere, zu welchen die Spongiarien, fast alle Polypen und Bryozoen, viele Infusorien, Tunikaten, Acephalen, einige Gastropoden (Vermetus) und unter den Krustern noch die Lepaden und einige Siphonostomen gehören: Alles Wasser-Thiere! Trotz der Verschiedenheit der Klassen, denen sie angehören, haben sie Manches gemeinsam: den Mangel der Lokomotions-Organe und der Augen, selbst wenn sie beide in früheren Ständen besessen; gewöhnlich stark entwickelte, weit umhergreifende Manducations-Organe (Arme, Tentakeln, Mundlappen ꝛc.), oder statt deren einen Flimmer-Apparat, welcher eine beständige Strömung des Wassers gegen den Mund hin veranlaßt und so demselben fortwährend Nahrung zuführt. Wenn man das Übereinstimmende solcher Fixirung mit der vegetabilischen Natur, den Mangel einer so wichtigen Funktion an sich und dessen Beschränkung auf die untersten Klassen und die untersten Gruppen der mitteln Klassen berücksichtigt, so wird man kaum einen Augenblick anstehen, hinsichtlich des Lokomotions-Vermögens die fixirten Thiere auf die unterste Stufe zu stellen. Indessen besitzen, gleich den Sporen der Vaucheria und anderer Algen unter den Pflanzen, die Infusorien sowohl als die ersten Stände der meisten übrigen Wasser-Thiere bis zu den Würmern hinauf, mögen sie nun im reifen Alter ebenfalls schwimmen oder wie die Gastropoden kriechen, sämmtlich ein freies Schwimm-Vermögen,

welches auf der Thätigkeit der Flimmer-Haare ihrer Haut, in der Regel ohne Mithülfe eines eigenen Schwimm-Organes beruht, und sind auch alle diese im reiferen Alter festgewachsenen Thiere im Fötal- oder noch im ersten Jugend-Zustande solche flimmernde Schwimmer gewesen. Daher ließe sich vielleicht aus dieser Thatsache folgern, daß die Festheftung der embryonischen Flimmer-Lokomotion gegenüber schon als eine Steigerung, als ein erstes Fußfassen auf dem Boden, als ein Übergang vom Schwimmen zum Gehen zu betrachten seie? Ehe wir uns jedoch in dieser Annahme festsetzen, müssen wir uns umsehen, ob nicht etwa die individuelle Metamorphose der Thiere uns noch andre Aufschlüsse, zumal über einen Übergang vom festsitzenden Zustande zu irgend einer Form des wirklichen Ortswechsels gewähre. Ein bekanntes Beispiel dieser Art ist in der That Comatula (S. 63, Fig. 43, 44), welche, in der Jugend ein Polypen-förmiger Schwimmer, sich später befestigt, sich zur Form eines Pentacrinus auf gegliedertem Stiele entwickelt, sich dann vom Stiele abtrennt und nun mit aufwärts bleibendem Munde bald auf dem Boden ruht oder nach Art der Ophiuren auf die Arme gestützt sich mühsam voran bewegt, bald und vielleicht noch öfter langsam schwimmt, indem sie gleichzeitig von jedem der 5 Arm-Paare den einen Arm hebt, während sie den andern senkt. Hier wäre also nach der Ablösung eine doppelte Art des Orts-Wechsels vorhanden, wieder eine schwimmende zwar und eine gehende, aber beide nicht mit embryonischen Flimmer-Haaren, sondern mit entliehenen Organen bewirkt, welche nach wie vor hauptsächlich der Mandukation bestimmt bleiben werden. Auch einer andern Beobachtung an Campanularia haben wir (bei Veranlassung des Generations-Wechsels) schon früher gedacht. An fest-sitzenden Stöcken, die sich zweifelsohne aus schwimmenden Keimen gebildet haben, entwickeln sich Sprossen in Medusen-Form, lösen sich ab, schwimmen in gewöhnlicher Weise mit dem Munde nach unten durch Auf- und Zu-klappen ihres Schirmes getrieben umher, scheiden die Eier aus ihren Ovarien aus, stülpen dann den Hut mit seinen randlichen Armen über den Scheitel in die Höhe und halten und bewegen sich mit diesen Armen auf fester Unterlage, indem sie den vorher von der Mitte des Schirmes herabhängenden Mund nun emporrichten. Hier wäre also ein Übergang (zuerst vom Schwimmen mittelst Flimmer-Haaren zum Festsitzen, dann) vom Festsitzen zum Schwimmen mit dem Schirme und zur Bewegung auf fester Unterlage. Auch unser gemeiner Süßwasser-Polyp, die Hydra

(S. 59, Fig. 36) kann sich sowohl schwimmend bewegen, als durch abwechselndes Ansetzen an eine Wasser-Pflanze mit dem Hinterleibs-Ende und mit den Armen fast nach Art eines Blutegels darauf fortschreiten. Selbst von den Infusorien ließen sich manche Beispiele entleihen; doch haben diese Vorgänge bei der Campanularia schon durch ihre Verbindung mit dem Generations-Wechsel, bei den Infusorien auch noch durch Incystirung im Winter einen viel komplizirteren Charakter. Immerhin aber scheint sich zu ergeben, daß das Festsitzen der Thiere wie Pflanzen als ein über der embryonischen und sonstigen Flimmer-Bewegung stehender Zustand betrachtet werden müsse, dessen Begrenzung nach oben hin jedoch schwerer zu bestimmen und in verschiedenen Thier-Klassen nicht die nämliche zu sein scheint*). Für eine schlechthin rückschreitende Metamorphose müssen wir dieselben nicht halten, weil trotz mancher Unvollkommenheit solcher festsitzenden Wesen, namentlich dem Verluste der Augen, den alle erfahren, sie doch noch weit vollkommner als der flimmernde Embryo sind, weil dieselben im Falle von Comatula einen offenbaren Übergang zu einem noch höheren Zustande darstellen, und weil er bei den Algen-Pflanzen eine fast allgemeine Erscheinung sein dürfte.

Stellen wir nun nach den bisher entwickelten Gesichts-Punkten die verschiedenen Arten des Orts-Wechsels zusammen, unterscheiden dieselben nach den Hülfsmitteln, die zu ihrer Ausführung dienen, noch weiter und ordnen sie nach ihrer ungefähren Dignität übereinander, so sehen wir sie nach folgendem Schema im Thier-Reiche vertheilt. Die in den einzelnen Klassen-Rubriken der Tabelle stehenden Zahlen bedeuten nämlich, daß etwa 1, 2, 3—9, 10 Zehntel aller Arten jeder Klasse sich in der auf gleicher Linie genannten Weise bewegen. Ein † in der Rubrik bedeutet, daß diese Bewegungs-Art nur vereinzelt in der Klasse vorkomme, und das mehren Ziffern und Zeichen beigefügte * deutet an, daß die Bewegungs-Weise, wie und mit welchen Mitteln sie immer ausgeführt werden möge, auf fester Unterlage im W a s s e r geschehe, im Gegensatze zu sonst ähnlichen, mitunter auf gleicher Linie angedeuteten Bewegungs-Weisen auf trocknem Lande. Die Thier-Klassen, bei welchen die Zahlen in Parenthese stehen, bewegen sich auf doppelte Weise und erscheinen

*) Ich hatte schon bei einer früheren Veranlassung den festsitzenden Thieren ihre Stelle zwischen schwimmenden (in minder beschränktem Sinne des Wortes) und auf fester Unterlage beweglichen angewiesen.

Ortswechsel	I. Amorphozoa.			II. Actinozoa.				III. Malacozoa.						IV. Entomozoa.					V. Spondylozoa.			
	Spongiaria	Rhizopoda	Infusoria	Polypi	Acalephae	Stylastritae	Echinodermia	Bryozoa	Tunicata	Acephal. test.	Pteropoda	Gastropoda	Cephalopoda	Helminthes	Vermes	Crustacea	Myriop.Arachn.	Hexapoda	Pisces	Reptilia	Aves	Mammalia
Fliegen in der Luft	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(10)	†*	—	10	1
auf fester Unterlage																						
. nach vorn																						
. . mit isolirten Organen																						
. . . durch eigne paarige Bewegungs-Organe																						
. . . . Schreiten aufrecht auf 2 Beinen .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Mensch
. . . . Laufen auf 4 Beinen . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	8
. . . . Krabbeln auf 6 und mehr Beinen .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5*	10	(10)	—	—	—	—
. . . durch entliehene Organe . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
. . . . Greif-Arme am Kopfe . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10*	—	—	—	—	—	—	—	—	—
. . . . Saugscheibe am Kopfe . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	†*	—	—	—	—	—	—	—	—
. . mit der ganzen Unterseite . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
. . . ein Kriech-Muskel	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
. . . ein Schieb-Muskel	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
. . mit dem ganzen Körper (Schlängeln) .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	†*	5*	—	—	—	—	4	—	—
. nach allen Seiten gleich																						
. . durch bleibende zahllose Pedizellen .	—	—	—	—	—	—	10*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
. . durch vorstreckbare veränderliche Fäden .	—	(10*)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Schwimmen im Wasser																						
. mittelst eigner Ruder-Flossen . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(†)	4	—	—	10	1	†	1
. mittelst fremder Organe, als . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
. . Mund-Tentakeln, -Lappen u. dgl. .	—	—	†	—	—	†	—	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
. . Klapp-Schirm, zum Ausstoßen des Wassers	—	—	—	—	5	—	—	—	5	†	—	—	(5)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
. mittelst des ganzen Körpers	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
. . Schnellen und Schlängeln . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	†	†	5	—	—	—	†	†	—	—
. . Flimmer-Überzug	—	—	10	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
. . Ausgießen des halbflüssigen Körpers .	—	10 ?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
keiner (Festsitzen, im Wasser) . . .	10	†	†	10	—	10	—	10	5	2	—	†	—	5	†	1	—	—	—	—	—	—

daher zweimal aufgezählt. Diese Tabelle zeigt, daß die verschiedenen Arten des Orts-Wechsels, wie wir sie nach theoretischer Auffassung ihrer zunehmenden Dignität und ihrer Vervollkommnungs-Fähigkeit einzeln übereinander geordnet haben, auch im Systeme, wo sie in Verknüpfung mit manchfaltigen andern Organisations-Verhältnissen erscheinen, ungefähr die nämliche Gradation einhalten, etwa mit folgenden Modifikationen: a) Das Flug-Vermögen kommt (außer etwa bei den meisten Fledermäusen) nicht für sich allein, sondern in Verbindung mit Krabbeln und Gehen vor. b) Die vollkommneren Arten des Schwimmens mit eignen Organen ragen im Systeme eben so weit und noch weiter hinauf, als die unvollkommneren Bewegungs-Arten der Thiere auf fester Unterlage im Wasser. c) Das Schlängeln mit dem ganzen Körper kommt statt des Schwimmens im Wasser wie an der Stelle des Gehens (vielleicht bei Würmern im Wasser und) auf dem Lande in höheren und in tieferen Abtheilungen vor als die Bewegungs-Arten mit entliehenen Organen, ist also sehr verbreitet, wenn auch nicht häufig. d) Die Bewegung mit rundum am Körper hervortretenden Pedizellen ist (was auch von theoretischer Seite entspricht) unter allen auf fester Unterlage mittelst eigner Organe stattfindenden die unvollkommenste; die Kugel-förmigen Seeigel mögen dabei gelegentlich wie eine Kugel auf der Bahn um sich selbst rollen (?), die flach Scheiben-förmigen gleiten mehr eben fort; beide jedoch sind dabei auf ihre Stacheln gestützt. e) Am tiefsten unter allen Bewegungs-Weisen auf fester Unterlage steht freilich der Orts-Wechsel der Rhizopoden durch Fortziehen mittelst vergänglicher und jedesmal neu gleichsam aus dem halbflüssigen Körper ausströmender Fortsätze, die an ihrem Ende sich ansetzen und anschwellen, sich verkürzen und den Körper nachziehen. Wollen diese Thiere sich aber schwimmend bewegen, so dehnen und blähen sie ihren Körper, um ihn zu heben und, indem sie Dieß an verschiedenen Stellen in ungleichem Grade thun, vermögen sie auch einigermaßen ihm eine Richtung zu geben. Dieses Schwimmen ist dann sicherlich auch die unvollkommenste aller Arten des Orts-Wechsels. f) Die festsitzenden Thiere müßten eine etwas höhere Stelle einnehmen, als ihnen in der Tabelle ohne Unterbrechung des Zusammenhanges gegeben werden konnte. g) Im Übrigen könnte das Laufen, Gehen und Krabbeln noch in Hüpfen, Klettern u. s. w. unterabgetheilt werden. h) Die Vögel schreiten zwar auch auf zwei Beinen wie der Mensch, aber nicht aufrecht.

Dieß sind also die verschiedenen Bewegungs-Arten, welche bei einem Aufenthalte im wässerigen und im atmosphärischen Medium möglich und beziehungsweise nothwendig sind, für welche mithin gleich den Athmungs- so auch die Bewegungs-Organe eingerichtet sein müssen. Aber auch die Beschaffenheit der Ernährungs-Organe ist in so ferne davon bedingt, als es im Wasser und zumal im Meere (außer den mikroskopischen Algen) nur wenige Pflanzen gibt, daher fast alle etwas größeren Meeres-Bewohner und somit vorzugsweise die unvollkommneren Thiere auf animalische Kost beschränkt sind. Diese ist oft schwerer zu erhaschen, aber leichter zu assimiliren, und demnach müssen auch die Greif-, Mund- und Verdauungs-Werkzeuge eingerichtet sein.

Es ist nicht ohne Interesse etwas näher im Einzelnen zu betrachten, wie sich in Folge der Anpassung der Bewegungs-Organe an die äußeren Existenz-Bedingungen mehr und weniger analoge Gruppen in den verschiedenen Kreisen des Thier-Reichs bilden, indem sich die Bewegungs-Werkzeuge allmählich von Schwimm- zu Geh- und Flug-Organen, beide jedoch von sehr verschiedener Form, umwandeln. Zunächst ist zwar der Kreis der Amorphozoen, wie in allen anderen Form- und Entwickelungs-Beziehungen formlos, ohne bestimmtere Richtung, indem sich an die festsitzenden Spongiarien zuerst die auf dem Boden und durch Schwimmen beweglichen Rhizopoden und dann erst die meist frei-schwimmenden Infusorien anreihen. Aber schon die Aktinozoen sehen wir von den festsitzenden Polypen zu den schwimmenden Quallen und diese zu den meist auf fester Unterlage beweglichen Echinodermen übergehen, nachdem sich in ihnen selbst, mit den festgewachsenen Stylastriten beginnend, unter welchen sich Comatula vom Stiele ablös't und schwimmt, dieselbe Stufenfolge im Kleinen wiederholt hat. Bei den Weichthieren ist dieses Fortschreiten in der Bewegungs-Art etwas unregelmäßiger; zuerst sitzen die Bryozoen, viele Acephalen und einige Gastropoden fest, einige Tunikaten, die Pteropoden und Heteropoden nebst wenigen Gastropoden schwimmen, andre Acephalen bewegen sich selten und unvollkommner, fast alle Gastropoden beständig und sicherer auf festem Grunde. Nur die Cephalopoden machen eine, wie noch in vielen anderen Beziehungen, merkwürdige Ausnahme, indem die beschaalten unter ihnen langsam, die nackten sehr schnell und behende schwimmen, aber zugleich auch mittelst ihrer Greifarme kopfunten gehen, so daß sie sich jedenfalls doch der manchfaltigsten, raschesten und kräftigsten Bewegungs-Weise unter allen Weichthieren erfreuen. Unter

den Kerbthieren sitzen viele Würmer und wenige Kruster unwillkührlich oder willkührlich fest, die übrigen Würmer und Kruster schwimmen oder sie schwimmen und gehen zugleich; die Luft-Insekten gehen und die Hexapoden unter ihnen fliegen zugleich. Bei den Wirbel-Thieren endlich schwimmen die Fische, die Reptilien schwimmen und gehen oder gehen allein, wenn auch Letztes verhältnißmäßig noch unvollkommen. Die Vögel gehen und fliegen; die Säugethiere gehen meistens vollkommen, doch so, daß sich am Anfange derselben noch eine ganz schwimmende oder schwimmende und schlecht gehende Ordnung (Cetaceen) befindet. Man kann daher die Klassen der Kerb- und Wirbel-Thiere hinsichtlich ihres Wohn-Elementes und ihrer Bewegungs-Weise in aufsteigende Parallele mit einander stellen. Sie leben und bewegen sich nämlich:

	im Flüssigen	im Übergang	in der Luft und auf dem Boden	auf dem Boden allein
1.	Würmer	Kruster	Sechsfüßer	Arachnoideen
2.	Fische	Reptilien	Vögel .	Säugethiere

und die einzelnen 3 höheren Klassen mit ihren Ordnungen:

1.	Dipnoa immutabilia	Dipnoa mutabilia	Draco Pterodactylus	Monopnoa (ungeflügelte)
2.	Wasser-Vögel	Sumpf-Vögel	Baum-Vögel	Boden-Vögel
3.	Cetaceen	Pinnipeden	Fledermäuse	Land-Thiere.

Nach dieser Parallele würden die Arachnoideen eben so und aus denselben Gründen über den Hexapoden stehen wie die Säugethiere über den Vögeln, nur daß dieselben Gründe so tief unten im Systeme nicht mehr das volle Gewicht haben, wie im obersten Kreise; — und was die Netz-Spinnen anbelangt, so wäre diese Stellung auch sicher eine natürliche; die Tracheen-Spinnen freilich sind ein Gewicht, welches schwer an ihnen hängt.

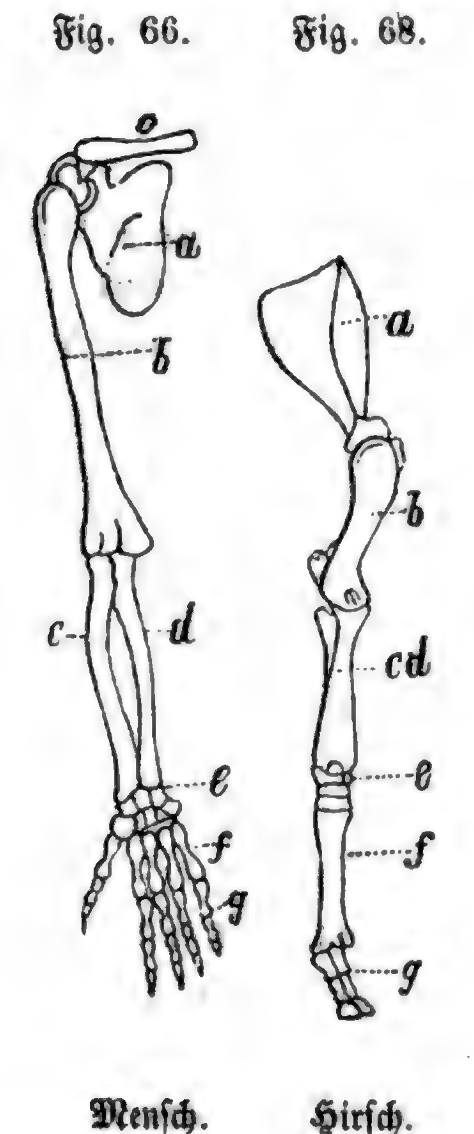
Indessen lassen sich Analogie'n der Bewegungs-Organe bei von einander entfernten Thier-Klassen und -Ordnungen in noch viel größerer Anzahl auffinden, wenn man sich auf kleine Gruppen beschränken will, und diese Analogie'n werden noch schlagender, wenn man die Funktionen dieser Organe noch genauer unterscheidet. Doch ist es bemerkenswerth, daß sie sich mehr in den höheren als in den tieferen Kreisen wiederholen, wo, abgesehen von dem oft erwähnten embryonischen und sonstigen Schwimmen mittelst Flimmer-Haaren, ganz gleiche Bewegungs-Organe und Bewegungs-Weise selten in

entfernteren Gruppen wiederkehrt. Doch finden wir das schlängelnde Schwimmen bei einigen langgestreckten Infusorien, mehrern Würmern, Aal-förmigen Fischen und Wasser-Schlangen; das Schwimmen mittelst ausgestoßenen Wassers bei Schirm-Quallen, Schwimm-Tunikaten und Cephalopoden, aber freilich bei sehr ungleicher Art von Organen; — das spannende Gehen bei Polypen (Hydra), zweischeibigen Egeln und Spanner-Raupen (ebenso); — das Schwimmen mittelst breiter (oft gespaltener und gewimperter) Schwimm-Füße bei vielen Krustern, manchen Sechsfüßern im Larven- und reifen Zustande, bei Batrachiern, Krokodilen (Fig. 383), Schildkröten (Fig. 388), Seehunden (Fig. 405), dem Schnabelthiere, Chironectes, mehren Nagern, Insektivoren und Raubthieren; — das mit wirklichen, nur zum Schwimmen und nicht auch zum Gehen dienenden Flossen bei Fischen, einigen dipnoen Reptilien und Cetaceen (Fig. 403); — das Hüpfen mittelst verstärkter Hinterschenkel bei oft verkümmerten Vorderfüßen bei vielen Hexapoden, Fröschen, mehren Beutelthieren (Känguruhs rc., Fig. 402), vielen Nagern (Dipus, Helamys rc.) und Insektivoren (Macroscelides); — das Klettern mittelst Saugscheiben verschiedener Art bei den Echinoideen (mit den Pedizellen), Sepien, Binnenwürmern, Blutegeln, einigen Insekten (? Krätz- und andern Milben rc.), Laubfröschen (Fig. 376); — das Klettern mit Krallen-Füßen bei (Acanthoteuthis), den meisten Kerbthieren, vielen Echsen, Spechten, Edentaten (Bradypus), Nagern (Scuirinen) und Insektenfressern (Cladobates); — das Klettern mit Händen bei Chamaeleonen, einigen Beutelthieren (Phascolarctos) und Quadrumanen; — das Graben mit eigens eingerichteten Grab-Händen bei Maulwurfs-Grillen unter den Insekten, Szinken unter den Reptilien, Maulwürfen unter den Insektivoren, und Maulwurfsmäusen unter den Nagern; — das Flattern bei den verschiedenen fliegenden Fischen (Dactylopterus, Exocoetus), bei den Drachen (Fig. 386) unter den Reptilien, den Phalangisten unter den Beutelthieren, den Flughörnchen unter den Nagern, den Galeopitheken unter den Chiropteren. Ächte Flieger sind oder waren außer den Vögeln und Hexapoden nur die Fledermäuse (Fig. 411) unter den Säugthieren und die Pterodactyle (Fig. 387) unter den Reptilien.

Oft beschränken sich die Vorkehrungen der Natur für diese Zwecke auf eine leichte Modifikation bereits vorhandener Organe, und so erscheinen, um bei den Wirbelthieren zu bleiben, die vordern und hintern Extremitäten trotz ihrer manchfaltigen Gestalt mehr und weniger beharrlich aus denselben Knochen zusammengesetzt, wie der Arm des

Menschen, wie folgende Figuren zeigen, wo alle homologen Knochen mit gleichen Buchstaben bezeichnet sind. Dieser besteht (Fig. 66) aus dem Schulter-Gerüste, dem Schulterblatte a und dem Schlüsselbeine o; aus dem Oberarm-Knochen b und den zwei Vorderarm-Beinen Radius c und Ulna d; aus der Handwurzel e mit sieben in zwei Queerreihen gelegenen Knöchelchen, den 5 Mittelhandknochen f, den vier drei-gliedrigen Fingern g und dem abstehenden zweigliedrigen Daum, alle mit breiten Nägeln. Beim Löwen (Fig. 67, S. 128) fehlt das Schlüsselbein, sind alle Knochen mehr verkürzt, und ist der Daum nicht abstehend; die End-Phalangen sind mit gebogenen spitzen Krallen besetzt. Dem schlanken Hirsch (Fig. 68) sind die 2 Vorderarmbeine verwachsen und das eine theilweise verkümmert; von den 5 Mittelhandknochen sind nur zwei innig vereinigte übrig, woran bloß 2 kurze in Hufen gehüllte Zehen sitzen. Das langarmige Faulthier (Fig. 41) hat zwei getrennte Vorderarmbeine; aber die Handwurzel- und Mittelhand-Knochen sind theilweise mit einander verwachsen, die Zehen auf drei zurückgeführt, die Krallen-Phalangen gespalten, um die langen starken Kletter-Krallen festzuhalten. Dagegen sind beim Maulwurf (Fig. 69) außer dem langen und schmalen

Fig. 66. Fig. 68.



Mensch. Hirsch.

Faulthier.

Fig. 41.

Fig. 70. Schildkröte.

Fig. 69. Maulwurf.

Schulterblatt alle Knochen verkürzt, das Oberarm- und die zwei Vorderarm-Beine mächtig stark, breiter als lang; eben so alle Handwurzel- und Hand-Knochen breit und stumpf, um eine kräftige Grabhand zu bilden. Am Vorderarm der Schildkröten

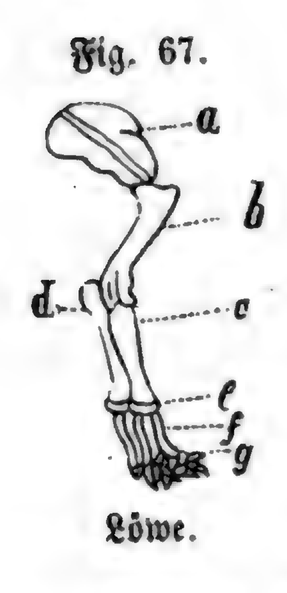


Fig. 67.
Löwe.

(Fig. 70) sind außer dem Schulterblatte zwei durch Theilung getrennte Schlüsselbein-ähnliche Knochen vorhanden. Die Zeichnung des Fußes einer Eidechse (Fig. 71) ist geeignet, die waagerechte Richtung anzudeuten, in welcher die Extremitäten der Reptilien im Gegensatze derjenigen der Säugethiere eingelenkt sind. Die Flossen-artigen Vorder-Extremitäten des Wales (Fig. 72) verkürzen sich fast wie beim Maulwurf, werden breit und platt, die Finger auseinander gespreizt und gewöhnlich aus mehr als drei Phalangen zusammengesetzt. Bei den Fischen (Fig. 73 und 365) sind die Arm-Knochen und Handwurzel mit schwankender Knochen-Zahl kurz, breit und flach, oft am Hinter-

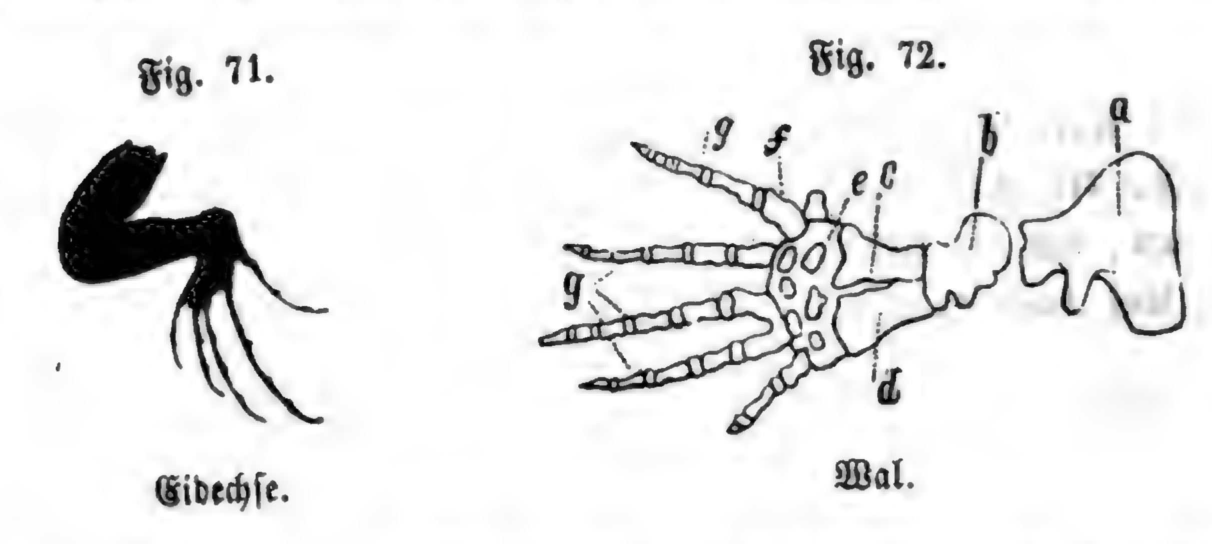


Fig. 71. Eidechse.
Fig. 72. Wal.

schädel aufgehängt, die Mittelhand und Zehen nur durch eine größere oder kleinere Zahl von Gräten ersetzt. Bei den Fledermäusen dagegen (Fig. 74) bestehen die Flug-Arme wieder ganz aus denselben

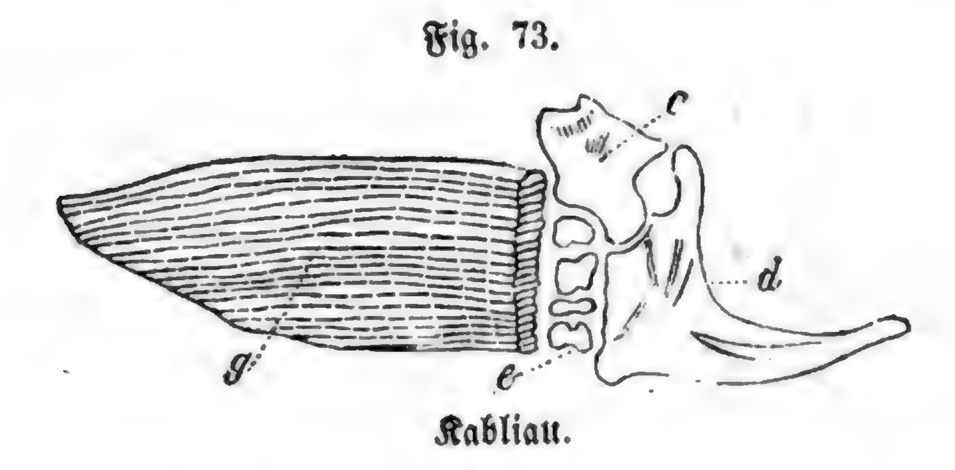
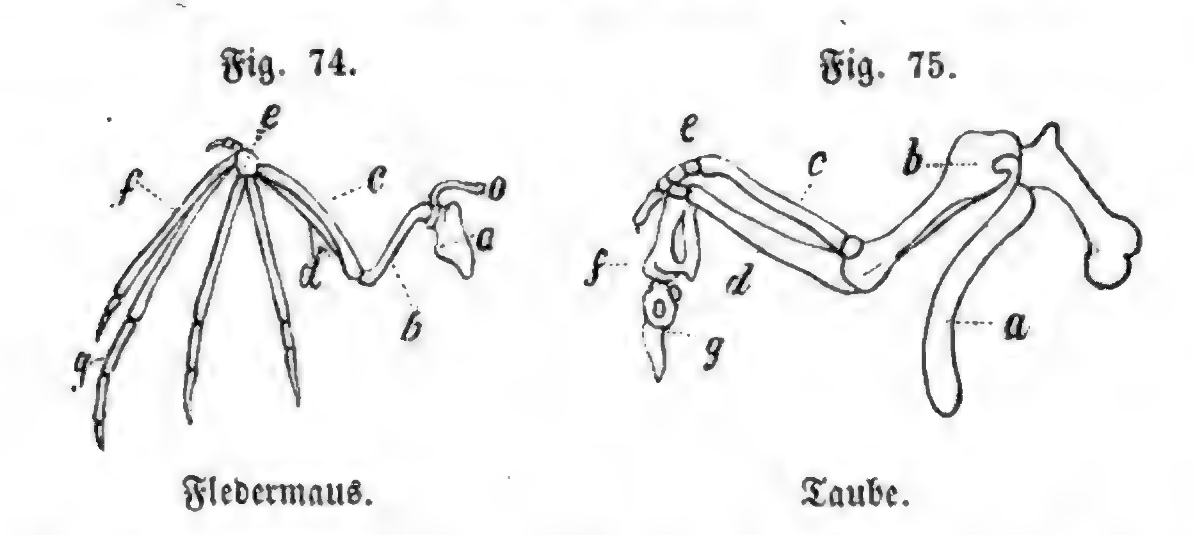


Fig. 73.
Kabliau.

Theilen wie beim Menschen, nur daß mit Ausnahme des Daumens alle Knochen und insbesondre die Finger sehr verlängert und nagellos sind; zwischen ihnen ist die Flughaut ausgespannt. Die Flügel des Vogels (Fig. 75 und 396 ff.) endlich sind lang und kräftig, aber

von der Hand sind nur noch einige verwachsene Phalangen zweier Finger ohne Nägel übrig; auf diesem Arme sitzen die kräftigen Schwungfedern fest, womit sich der Vogel in die Lüfte erhebt.



Fledermaus. Taube.

In vielen Fällen aber greift die eigenthümliche Bewegungs-Weise in dem besondern Elemente in die gesammte Skelett-Bildung ein. Die Beine fehlen mitunter ganz. Ein Reptil, welches ohne Flossen und Beine sich schlängelnd leicht bewegen soll, bedarf einer größeren Menge beweglich aneinandergefügter, nicht aber theilweise durch ein festes Schulter- und Becken-Gerüste unbeweglich verbundener Wirbel; insbesondre sind Wirbel mit halbkugelig konvex-konkaven Gelenkflächen bei allen Schlangen eine nothwendige Bedingung der großen Gelenkigkeit und Biegsamkeit der Wirbelsäule, die sie geschickt macht, sogar Bäume zu erklettern. Fische, die im Wasser eines raschen und kräftigen Ortswechsels fähig sein sollen, müssen die mäßig zusammengedrückte Keil-Form des gewöhnlichen Barsches besitzen; alle noch stärker zusammengedrückten, alle aufgebläheten, alle flach-gedrückten Formen sind unfähig, jene Aufgabe genügend zu erfüllen. Der ganze Körper, in allen seinen Theilen gleichmäßig vom Wasser getragen und unterstützt und alle Höhen und Tiefen des Wassers unmittelbar zu erreichen fähig, nicht zu gehen, hüpfen, klettern, graben genöthigt, sondern nur mit Hülfe der Flossen und einer Rechts- und Links-bewegung insbesondere des Schwanzes sich vorwärts treibend, bedarf einer nur losen Verbindung sehr einfach gebauter Wirbel und einer seitlichen Beweglichkeit derselben ohne Auf- und Ab-krümmung, welche den Fischen in der Regel auch unmöglich ist. Der Vogel, welcher sowohl zum Gehen als zum Fliegen berufen ist, hat nicht nur seine hintern Extremitäten zu Beinen, die vordern zu Flügeln gestaltet, sondern alle Theile seines Skelettes müssen zu dem Ende eigenthümlich modifizirt sein. Von welchem

Umfange diese Umgestaltungen oft seien, wollen wir in den zwei Klassen der Vögel und der Fische vollständiger nachweisen, um nicht das ganze Thier-System, Klasse um Klasse, in dieser Hinsicht durchwandern zu müssen.

Gehen wir bei dieser Betrachtung von der Organisation eines vierfüßigen Land-Wirbelthieres als Normal-Gebilde aus. Der Fisch, als besonders ausgebildetes ovipares Wasser-Wirbelthier ihm gegenüberstehend, bedarf äußerer Kiemen statt innerlicher Lungen. In allen seinen Theilen gleichmäßig vom Wasser unterstützt und nahezu schwimmend getragen, bedarf er keines starken Knochen-Baues, keiner stützenden Bein-Paare mit Gelenk-Rollern oder Gelenk-Köpfen an den Langknochen und mit Zehen zum Auftreten und keiner starken künstlich gelenkten und gefügten Wirbelsäule, um Kopf und Rumpf daran aufzuhängen, keines kräftigen Schulter- und Becken-Apparates. Nicht Stütz-, sondern Propulsions-Mittel sind ihm in dem dichteren Medium nöthig, und diese Mittel gewähren ihm eine bloß waagerecht krümmbare, wenn auch oft kaum verknöcherte Wirbel-Säule und zwei Paar Flossen zur Genüge, wozu noch Schwanz und Vertikal-Flossen als Steuer kommen. Die Kraft-Anstrengungen für die Lokomotion sind mäßig oder nicht andauernd; ein träger Respirations-Prozeß, kaltes Blut genügen noch dieselben zu ermöglichen. Eine eigene, dem dichteren Medium entsprechende Augen-Bildung, eine glatte nackte und die Bewegung in demselben erleichternde Oberfläche sind so ziemlich die letzten nothwendigen Anpassungs-Bedingungen. — Anders der Vogel, die typische ovipare Flug-Wirbelthier-Klasse, welche zum Gehen und Fliegen zugleich eingerichtet ist. Sein Athmungs-Organ ist die Lunge; die anstrengende Flug-Bewegung erheischt einen geschlossenen Blut-Kreislauf, ein vollkommnes Herz, ein warmes Blut, eine lebhafte Respiration, welche sich sogar von den Lungen aus durch den ganzen Körper erstreckt. Das Skelett ist um so kräftiger, als bald die hintern und bald die vordern Extremitäten allein den ganzen Körper durch Vermittelung der Wirbel-Säule zu tragen und zu halten haben. Die Flug-Organe müssen über dem Schwer-Punkt des waagerechten Körpers sein, um ihn daran aufzuhängen, die Beine senkrecht unter dem schief aufgerichteten stehen, um ihn darauf zu stützen. Beide bedürfen als zeitweise alleinige Träger einer Verstärkung der gewöhnlichen Organe. Die Flügel finden solche durch die Flug-Muskeln, das mächtige Brustbein, die Gabelknochen, die Queerfortsätze der Brust-Rippen, die Verlängerung der

Arme; — die Beine durch Verwachsung des untern Theiles der Wirbel-Säule in sich und mit dem ausgedehntern Becken auf eine längre Strecke als gewöhnlich, durch Zurückführung des Unterschenkels auf eine einfachre Bildung, durch die der zahlreichen Fußwurzel-, Mittelfuß-Knochen und Zehen auf nur einen kräftigen Lauf-Knochen mit 3—4 Zehen und durch Verstärkung der Muskeln. Da der stehende und gehende Körper sich um so mehr aufrichten muß, um die Füße unter seinen Schwerpunkt zu bringen, je weiter diese nach hinten liegen, so ist ihm auch ein um so längerer Hals nöthig, um seine Nahrung etwa vom Boden aufnehmen zu können. Überhaupt ist hier der Hals als Hülfsmittel der Mandukation zu betrachten, da alle andern Mandukations-Organe fehlen; er ist daher länger und beweglicher als bei Vierfüßern. Endlich aber soll der Vogel auch noch möglichst leicht sein: daher die Verdünnung und Verwachsung der Kopf-Knochen, der Ersatz der Zähne durch einen hornigen Schnabel-Überzug, die Bildung und Verstärkung von Schwingen und Steuer aus leichten elastischen Federn und die ganze Feder-Hülle des Körpers, woraus sich diese Schwung- und Steuer-Federn entwickeln können. Dieß sind die hauptsächlichen Anpassungs-Einrichtungen, welche die Natur zu treffen nöthig hatte, um ein normales ovipares Geh-Wirbelthier des Landes zum vollendeten Flug-Thiere zu machen. Doch werden wir später öfters auf diesen Gegenstand zurückkommen, wenn wir in der Lage sein werden, die Skelette und andre Gebilde der verschiedenen Wirbelthier-Klassen (vergl. Fig. 390 bis 393) einer mehr ins Einzelne gehenden Vergleichung zu unterziehen.

In fast allen Klassen des Thier-Reiches, besonders aber in den höheren Landthier-Klassen, gibt es Pflanzen- und Fleisch-Fresser beisammen; ja man sieht sie bei den Vögeln oft in einer Ordnung neben einander stehen: ein Beweis, daß die Art der Kost weniger tief in die Organisation der Thiere eingreift, als die des Wohn-Elementes. Diese bildet ganze Klassen und Ordnungen, jene nur etwa Ordnungen und Familien, und während man berechtigt ist, unter sonst gleichen Verhältnissen die Luft-Bewohner über die Wasser-Bewohner zu stellen, läßt es sich sehr in Zweifel ziehen, ob die Carnivoren oder die Herbivoren bei sonst gleicher Organisation einen höheren Rang beanspruchen. Es scheint, daß man auch hier in eine noch genauere Unterscheidung eingehen müsse. Man kann die Fleisch-Fresser noch unterscheiden in Raubthiere, Aas-Fresser, Insekten-Fresser; die Pflanzen-Fresser in Frucht- und Saamen-Fresser, Wurzel-

Fresser, Laub- und Gras-Fresser, Holz- und Rinde-Fresser, und zwischen beide Haupt-Abtheilungen die Omnivoren einschalten. Die Holz-, Rinde-, Laub- und Gras-Fresser bedürfen weder List noch Stärke, um sich ihrer Nahrung zu bemächtigen, aber eines desto kräftigeren und eigenthümlicheren zerquetschenden oder triturirenden Gebisses und zusammengesetzterer vollkommnerer Verdauungs-Apparate, so daß die herbivoren Säugethiere oft eines vierfachen Magens, die Körner-fressenden Vögel (Gras-Fresser würden sich kaum genügend nähren können) noch eines Kropfes und Vormagens, und beide längrer Gedärme und stärkerer Blind-Anhänge derselben bedürfen, Bedingungen, welchen die gesammte übrige Organisation in starkem Grade untergeordnet erscheint, so daß diese Thiere sich oft fast als die Nahrstoff-Bereiter, als die Vormagen der Raubthiere bezeichnen lassen, die sich großentheils von ihnen nähren. Die Raubthiere dagegen, welche sich von lebendig ergriffener Beute aus ihren eignen oder etwa den nächst verwandten Klassen nähren, bedürfen Muth, Schlauheit, List und Ausdauer, höherer Muskel-Kraft und eigner vollkommnerer Mandukations-Organe, um sich ihrer Beute zu bemächtigen, während ihre Malm- und Assimilations-Organe sehr einfach zu sein pflegen. Sie sind jenen daher zweifelsohne geistig überlegen, weshalb auch Cuvier geneigt war, wenigstens in den Klassen der Wirbelthiere die Raubthiere überall obenan zu stellen. Wenn nun auch diese Überlegenheit ihnen nicht abgesprochen werden kann, so ist doch einzuwenden, daß das grausame und blutdürstige Naturell dieser Thiere und die ihm entsprechenden Organisations-Verhältnisse eben nur wieder eine solche einseitig excessive Entwickelung andeuten, deren Vorherrschen und gar noch weitre Ausbildung weit von dem Culminations-Typus des Thier-Reiches entfernen muß, da manchfaltige Fertigkeiten, Kunsttriebe, Intelligenz und höhere Bildsamkeit sich nicht damit zu vertragen scheinen. Diese finden wir vielmehr im höchsten Grade bei einem Theile solcher Frugivoren, Granivoren, Omnivoren und Insektivoren, welche sonst den vorigen zunächst stehen; ihre Mandukations-Organe und sonstigen organischen Hülfsmittel sind oft ausgezeichnet, und der Verdauungs-Apparat ist seiner den Herbivoren gegenüber, weit leichteren Funktion wegen auf geringere Ansprüche der Theilnahme am Gesammt-Organismus beschränkt. Wir erinnern in dieser Beziehung unter den Säugethieren an die frugivoren Quadrumanen und etwa einige Granivoren und Omnivoren bei den Hufern und an die frugivoren Papageyen, die frugivoren,

granivoren und insectivoren Sänger mit ihrem eigenthümlichen Sing-muskel-Apparate, künstlichem Nest-Bau und sorgfältiger Brut-Pflege unter den Vögeln. Daher sieht man auch in neueren Systemen bald die eine und bald die andre beider Gruppen an die Spitze des Systemes gestellt, und wir würden mit Ch. L. Bonaparte gern den Papageyen jene Stelle bei den Vögeln zutheilen, wenn sich ihnen nicht die unfähige Verwandtschaft der übrigen Paarzeher an die Ferse hängte. Wohl mag man dagegen den Raubthieren in solchen Thier-Klassen etwa eine höhere Stelle über der misera plebs ihrer Umgebung anweisen, wo Beispiele solcher höheren Triebe und Fähigkeiten noch nicht vorkommen oder aber mit der Raubsucht selbst in ausgezeichnetem Grade verknüpft sind, wie bei den Netz-Spinnen. — Wieder ganz anders beschaffene Mund-Werkzeuge bedürfen endlich diejenigen unter den Wirbel-losen Thieren, welche von flüssiger Nahrung leben, wie die Zweiflügler, Wanzen, Schmetterlinge unter den Kerbthieren oder die Blutegel unter den Würmern u. s. w. Ihre Nahrung ist leicht verdaulich, und es kostet sie wenig Zeit und Thätigkeit sich zu ernähren.

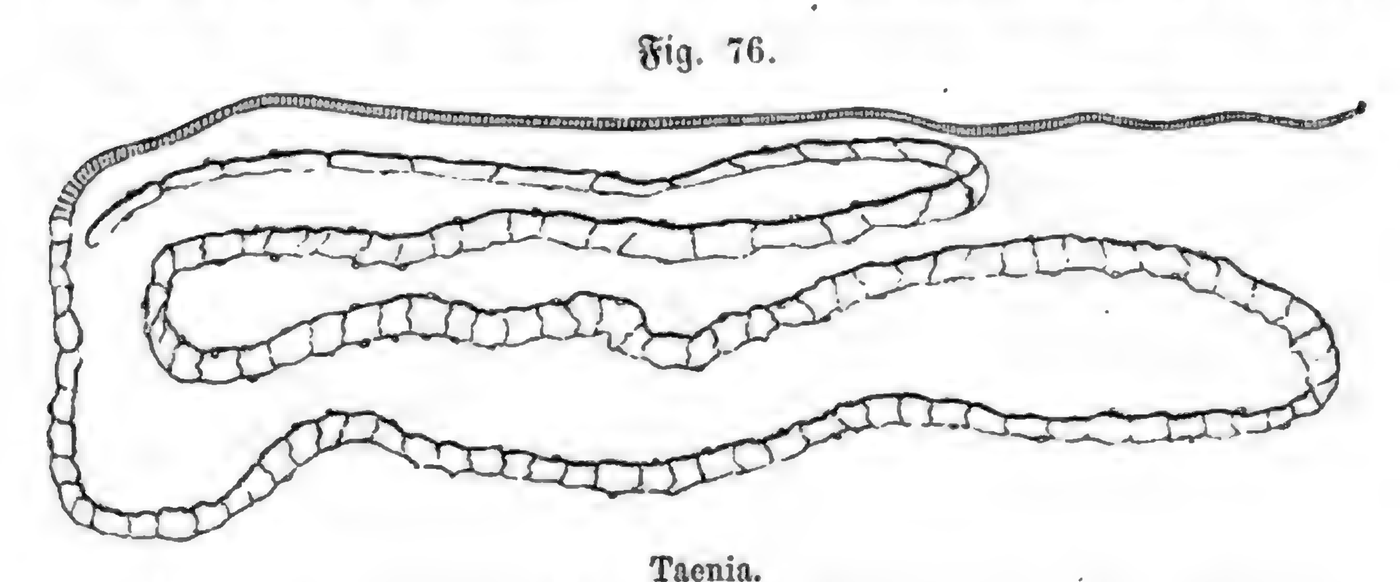
Die den verschiedenen Arten der Nahrung entsprechenden verschiedenen Formen des Gebisses sind indessen bemerkenswerther Weise unter sich nicht nothwendig so abweichend von einander, und die für einerlei Nahrungs-Art vorhandenen Bildungen nicht so übereinstimmend untereinander, als diejenigen Modifikationen desselben, die von anderen Ursachen abhängen. So sind bei allen Vögeln, deren Nahrung doch in denselben Stoffen besteht und eben so manchfaltig ist, als bei den Säugethieren, die Kinnladen des nöthigen leichteren Baues wegen mit einem eigenthümlichen Horn-Überzuge versehen, der ihnen dieselben Dienste leistet, wie diesen andern das Zahn-Gebiß. Wozu mag aber ein ganz gleicher Überzug so vielen Schildkröten gegeben sein? Die Zähne der Fleisch-fressenden Vierfüßer sind scharf, die der Herbivoren stumpf und zur Triturirung geeignet; aber diese scharfen Zähne der Raub-Säugethiere sind schneidig und geschlossen stehend, die der Raub-Reptilien spitzig und entfernt-stehend; jene können ihre Beute mit den Zähnen zerstücken und stückweise verschlingen, diese können sie nur tödten und müssen sie ganz und allmählich niederwürgen und verdauen, entweder nachdem sie solcher zur leichteren Zersetzung der Masse (wenn diese verhältnißmäßig groß ist) alle Langknochen zerbrochen und die Oberfläche eingespeichelt haben, oder nachdem sie solche in Fäulniß übergehen lassen. So

sind auch die Zähne der wenigen herbivoren Reptilien weniger stumpf als die der Säugethiere. Die omnivoren Säugethiere haben in dem Grade, als sie neben der animalischen mehr vegetabilische Kost verzehren, eine größere Anzahl von stumpfen Höckerzähnen neben den schneidigen Backenzähnen. Auch auf die Bewegungs-Organe hat die Kost Einfluß, insoferne unter den Raub-Säugethieren des trocknen Landes wenigstens nur vierfüßige Läufer mit scharfen gebogenen Krallen zum Festhalten und Zerreißen ihrer Beute vorkommen, während die Herbivoren, sowohl Kraller wie Hufer, und außer den Läufern noch Graber und Hüpfer in ihren Reihen zählen. Auch unter den Vögeln sind die Räuber des Landes auf wenige Formen beschränkt, die Herbivoren und Insektivoren dagegen von endloser Manchfaltigkeit. Bei den Reptilien treffen wir die Krokodile der Küsten und Fuß-lose Schlangen unter den Räubern an. Die übrigen am und im Wasser lebenden Raubthiere dieser drei Klassen tragen den Raubthier-Charakter in weit geringerem Grade, weil sie ihrer Wasser-bewohnenden Beute schon an sich weit mehr überlegen zu sein pflegen als jene ersten. Auch die Wirbel-losen Thiere haben in allen Klassen ihre Raubthiere, und selbst unter unseren gemeinen Schnirkel-Schnecken der Gärten gibt es solche, welche die oft größeren mit großer Energie anfallen und überwinden, ohne sich äußerlich auffallend von ihnen zu unterscheiden. Doch sind einige Kruster und Orthopteren durch ihre Fangarme wohl charakterisirt.

Einige für unsere Betrachtungen sehr wichtige Gruppen von Thieren bilden die Parasiten, insofern auch ihre Organisation in noch weit höherem Grade als in den bisher erörterten Fällen abhängig ist von den äußern Existenz-Bedingungen, nämlich von der Nahrung und dem Wohn-Elemente zugleich. Erste besteht in organischen Säften, welche ihre Ernährer bereits zu ihrem eigenen Verbrauche zubereitet haben; ihr Wohnort ist an den Säfte-reichen Schleimhäuten entweder der halb-äußerlichen Kiemen der Fische oder im Innern des Körpers, in Gedärmen, Gefäßen und im Zellgewebe selbst, umspühlt von den Nahrungs-Säften. Viele Dipteren und Hymenopteren sind Parasiten nur während ihrer ersten Stände, wo sie sich in andern Insekten, selten in höheren Thieren aufhalten, und diese unterscheiden sich im vollkommnen Zustande nicht mehr wesentlich von den übrigen Insekten ihrer Klassen. Andre aber, alle aus dem Kreise der Kerbthiere, sind Parasiten im reifen Zustande und stehen gewöhnlich weit gegen ihre nächsten Verwandten zurück. Diese Parasiten sind

die Binnenwürmer; doch auch viele Siphonostomen (Lernäen) und selbst Isopoden (Bopyrus) unter den Krustern; auch die Pentastomen und andre Milben-artige Arachnoideen gehören dazu, um von denjenigen Cirripeden nicht zu sprechen, die sich in die Schwämme oder in die Schwarten und Schaalen höherer Thiere einsenken und von deren organischen Bestandtheilen keinen Nutzen ziehen. Da sie Alles, was sie zu ihrer Existenz bedürfen, unmittelbar an oder in ihren Ernährern finden, wo sie sitzen, so haben sie deshalb keine Wander-Organe nöthig; aber sie müßten ohne dergleichen jederzeit mit ihrem Ernährer zu Grunde gehen, wenn dieser stirbt, es müßten bald ihre Arten aussterben, wenn nicht die eigenthümlichen Bedingungen ihrer Metamorphose und ihres Generations-Wechsels sie periodisch weiter aus diesem Körper hinaus in andre Medien, in andre Thier-Arten trieben, um dort ein neues Stadium ihres Lebens zu beginnen. So retten die eigenthümlichen Bedingungen der Metamorphose die Existenz der Art, die als unveränderlich festsitzender Parasit zu Grunde gehen müßte. Aber welches sind die Modifikationen der Organisation, welche die Kerbthiere unter den Existenz-Bedingungen eines Parasiten zu erfahren haben? Die Binnenwürmer sind ungeringelt, indem die bei den Bandwürmern (Botryocephalus, Taenia, Fig. 76)

Fig. 76.



Taenia.

vorkommenden Einkerbungen nicht den Gliederungen der Kerbthiere entsprechen, sondern die Grenzen verschiedener durch Generations-Wechsel entstandener und aneinander geketteter Geschlechts-Individuen bezeichnen. Auch die andern Parasiten sind meist viel undeutlicher gegliedert und weicher als ihre nächsten Verwandten. Die Binnenwürmer haben den höheren Freiwürmern (Chätopoden, S. 104) gegenüber keine Fuß-Rudimente; in den Siphonostomen und parasitischen Milben verkümmern die Füße der Kruster und Spinnen fast gänzlich

oder gänzlich, je nachdem sie innerlich oder äußerlich ganz fest sitzen oder noch Beweglichkeit haben. Bei einigen fest-sitzenden Siphonostomen erfolgt die Befestigung im letzten Lebens-Stande bleibend durch Verwachsung eines Paares Füße (Fig. 299) mit den Kiemen, woran sie leben. Die Binnenwürmer dagegen befestigen sich im Darme höherer Thiere mit Hülfe eines oder mehrer Saug-Näpfe oder Haken-Kränze, die sich an ihrem Kopf-Ende, zuweilen auch mit Hülfe ähnlicher Apparate, die sich an ihrer Mitte oder am Hinterende des Körpers befinden, so, daß sie gewöhnlich noch im Stande sind, sich nach Willkühr frei zu machen, was sie indessen meistens nur selten thun. Die mit solchen Organen versehenen Binnenwürmer, welche in den Eingeweiden und im Zellgewebe anderer Thiere leben, haben meistens keinen Mund, indem sie ihre Nahrung aus den sie umgebenden Säften unmittelbar durch ihre weiche Oberfläche aufzunehmen im Stande sind, daher man sie als umgewendete mit dem Magen nach außen gekehrte Thiere bezeichnen kann; sie bedürfen deshalb auch keines Darmes und Afters und meist auch keines Kreislauf- und Athmungs-Systemes, da die fortdauernde Einsaugung und Verbreitung geeigneter Nahrungs-Säfte in ihrem Körper schon ohnedieß gesichert ist; wohl aber pflegen sie ein ästig Gefäß-artiges und nach hinten ausmündendes Exkretions-Organ zu besitzen zur Fortschaffung der sich anhäufenden entbehrlichen Stoffe aus dem Inneren des Körpers. Setzen sich diese Saugwürmer mit freiem Ortswechsel nur vorübergehend außen an andre Thiere an, so behalten sie den Saugmund, bekommen aber alle jene Organe dazu, welche bei den übrigen fehlschlagen. Die ganz oder halb äußerlichen Parasiten (welche letzten in Pusteln und dergleichen leben) aus den Klassen der Kruster und Arachnoideen, die nicht so von Nahrungs-Säften umspült sind, besitzen einen Mund, in welchem die ihren Klassen sonst gewöhnlich zukommenden Kau-Werkzeuge mehr und weniger verkümmert, nur etwa noch zum Festhalten oder Verwunden geeignet sind, aber er selbst zum Saugen flüssiger Nahrung eingerichtet erscheint; und an den Mund schließen sich dann natürlich auch Darm und After an. Aber auch hier ist der Kreislauf weniger oder mehr unvollkommen und die Respirations-Organe fehlen gänzlich. Fast alle diese Parasiten ermangeln zeitweise oder für immer der Augen und Fühler, da sie deren eben fast alle zum Zwecke ihres Ortswechsels und ihres Nahrungssuchens nicht bedürfen. Überhaupt sind sie während ihrer beweglicheren Jugend-Zeit großentheils vollkommner entwickelt, zuweilen deutlicher

gegliedert als später, wo sich ihre höhere Reife nur durch das Fortpflanzungs-Vermögen kund gibt, daher man ihren Formenwechsel auch — mit noch höherem Rechte als bei den auf nicht organischer Unterlage sich festsetzenden Thieren — eine rückschreitende Metamorphose genannt hat, weil sie im reifen Zustande in der That tief unter der Organisations-Höhe der ihnen sonst zunächst verwandten Familien zurückbleiben oder zurückzusinken scheinen. Noch ist es bemerkenswerth, daß bei den erwähnten siphonostomen und isopoden Parasiten, ebenso wie bei manchen freien Rotatorien, die alle zu den Krustern gehören, die frei beweglichen Männchen um ein Vielfaches kleiner als die meist festsitzenden Weibchen zu sein pflegen, mitunter in größerer Anzahl an und auf einem Weibchen leben und, selbst in der inneren Organisation mit Ausnahme der Genitalien mehr als Dieses zurückbleibend, fast nur wie wandernde Spermatophoren den Weibchen gegenüberstehen.

Die Thiere des Wassers sind entweder nackt oder mit zusammengesetzten oder einfachen, kieseligen, kalkigen oder Chitin-Panzern versehen; nur bei den Luft-Bewohnern gibt es behaarte und befiederte Arten. Dienen auch Flimmerhaare und einzelne Borsten den kleinen Wasser-Thieren als Bewegungsmittel, so würde ein ganzes Haar-Gewand nicht nur ihre Bewegungen erschweren, sondern auch als Schutzmittel gegen Nässe-Einflüsse zwecklos sein.

Aber es gibt noch andre Momente in der Beschaffenheit des Wohn-Elementes, von welchen gewisse Veränderungen in den Organismen, die sich ihnen anzupassen bestimmt sind, abhängig werden: insbesondre das Licht und die Wärme desselben.

Die Natur ist sparsam in der Gestaltung der Organismen; sie stattet sie nicht mit überflüssigen Organen, wenn auch zuweilen mit Schmuck aus. Wir haben schon gesehen, daß sowohl die festsitzenden Thiere (S. 136) als auch die im Dunkeln hausenden Parasiten insbesondre keine Augen haben, weil jene ihrer nicht bedürfen, diese sie gar nicht gebrauchen könnten. Da auch die Infusorien und einige unvollkommne Sippen höherer Klassen, wenn schon großentheils eines lebhaften Ortswechsels fähig, der Augen doch noch gänzlich oder bis auf eine Spur derselben entbehren und die Hülfe dieses Sinnes-Organes offenbar durch ein ausgebildeteres Gemeingefühl ersetzen, so deutet uns diese Erscheinung bereits die Mittel an, welche den etwas höher organisirten sitzenden und parasitischen Thieren als Ersatz zu Gebote stehen. Aber die Natur unterstützt

sie auch oft in der Weise, daß sie ihnen wenigstens während der mit freier Lokomotion im Lichte begabten Lebens-Stände Augen verleiht, die sie ihnen während den sitzenden und ruhenden als überflüssig wieder entzieht. So erfreuen sich unter Andern manche Binnenwürmer, die einen Theil ihres Lebens im Freien zubringen (Distoma etc., S. 104, Fig. 60), so die jungen Lernäen, so lange sie noch mittelst Schwimmfüßen ihren Ort zu wechseln vermögen, so die Cirripeden-Larven, bevor sie sich irgendwo fest setzen (Fig. 215), zeitweise eines oder zweier Augen. Aber auch bei höheren Thieren, die entweder bleibend in dunkeln Höhlen wohnen, wie manche Käfer und Fische, oder welche beständig unter Steinen und im Boden wühlend ihre Nahrung suchen, wie einige dipnoe Reptilien (Coecilia, Proteus), einige Schlangen (Typhlops), einige ihnen näher verwandte Echsen, eine oder zwei Sippen von Maulwurfs-Mäusen (Spalax und fast auch Aspalax) unter den Nagern und die Maulwürfe unter den Insektenfressern sind ganz oder fast blind, indem ihre Augen nur noch als blöde mit Haut überzogene Punkte erscheinen. Anderntheils entbehren die ruhenden Puppen der Insekten mit vollständiger Verwandelung aller Sinnes-Werkzeuge gänzlich.

Was die Temperatur der Wohn-Elemente betrifft, so weiß man, daß alle Klimate von den heißesten bis zu den kältesten von Pflanzen und Thieren bevölkert sind, das Meer bis zum erstarrenden Eise, die Luft bis in jene hohe Breiten, wo die Sonne nur noch wenige Wochen im Jahre den Frost überwindet; selbst die Oberfläche der ewigen Gletscher und Schnee-Felder ist von einigen ihnen eigenthümlichen Insekten bleibend bevölkert. Zunächst zeigt sich ein sehr mächtiger Unterschied in dem Verhältnisse der kalt- und der warm-blütigen Thiere gegen die äußeren Temperatur-Einflüsse. Jene leben entweder im Wasser, dessen Temperatur geringeren oder langsameren Wechseln unterworfen ist, oder wo sie binnen kurzer Zeit in größerer Tiefe Schutz gegen strenge Kälte finden, während die Hitze nie so hoch steigt, als in heißen Gegenden des Landes. Sie sind daher entweder nackt-häutig oder in zusammengesetzten Panzern oder einfachen Schaalen von kieseliger und kalkiger Art oder endlich von einer Schuppen-Hülle eingeschlossen. Unter den Luft-Bewohnern dagegen sind viele mit einem Haar- oder Feder-Gewande versehen. Schon viele Insekten sind stark behaart, und die Schuppen-Bedeckung der Schmetterlinge erinnert an das Feder-Kleid der Vögel, obwohl das Gewand der Kerbthiere noch nicht die Bestimmung zu haben

scheint, seine Träger zu erwärmen oder gegen raschen Temperatur-Wechsel zu schützen, wie das den warm-blütigen Wirbelthieren der Luft mit ihren schnellen Temperatur-Wechseln nothwendig ist. Unter ihnen sind die Säugethiere mit Haaren, die Vögel mit Federn bekleidet, weil diese leichter sind und weil sich aus ihnen die starken Schwung- und Steuer-Federn entwickeln müssen, worauf ihr Flug-Vermögen beruht. Nur die beständig im Wasser lebenden schwartigen Wale unter den Säugethieren sind ganz nackt, und die nur zur Brut-Zeit an's Land kommenden ungeflügelten Pinguine unter den Vögeln haben kleine Schuppen-artige angepreßte Federn, welche an die Schuppen der Fische erinnern. Die Einflüsse der äußeren Temperatur-Bedingungen auf die Bedeckung ganzer Thier-Klassen sind daher eben so beharrlich und eingreifend, wie die der äußeren Elemente auf die Athmungs- und Bewegungs-Weise. Aber es sind dennoch andre Wesen, welche die heißen Sand-Wüsten der Tropen und welche die Grenzen des Polar-Eises bewohnen; obwohl die Bewohner der klimatisch verschiedenen Zonen sich oft nur als Arten einer gemeinsamen Sippe oder als verwandte Sippen einer Familie verhalten und im Ganzen durch keine auffallendere Organisations-Verschiedenheit von einander abweichen. Wie wir nämlich die wesentliche Ursache noch nicht kennen, welche selbst in unseren Klimaten die eine Kiefer- oder Eichen-Art vertrocknen macht, während andre Spezies derselben Sippen bei uns erfrieren, eben so wenig vermögen wir anzugeben, welche Eigenthümlichkeit der Organisation den Polar-Haasen, den Polar-Fuchs oder den arkischen Bären befähigt der Kälte des äußersten Nordens zu widerstehen, während andre Arten derselben Sippen an das heißeste Klima gebunden sind, oder was die Schlange bei 1° Kälte erfrieren macht, während manche Fische Monate lang ohne zu sterben zu einem starren Eis-Block gefrieren können. Wohl sind jene Bewohner der Eis-Grenze aus der Klasse der Säugethiere und Vögel oft mit einem etwas dichteren Haar- oder Feder-Pelz versehen als ihre tropischen Anverwandten, und wohl richtet sich ihre Farbe wie die mancher andern Thiere nach der der Umgebung, indem sie weiß wird. Doch würde Dieß allein bei weitem nicht genügen, um ihren Tropen-heimischen Verwandten jenes Klima erträglich zu machen. Die Bewohner hoher Breiten müssen sich ferner mit den wenigen Arten eigenthümlicher Nahrung begnügen lassen, welche ihnen dort zu Theil werden kann. Viele Körner-, Kräuter-, Insekten-Fresser und Fische müssen im

Winter ihre Nahrung in wärmeren Gegenden suchen und daher zu jährlichen weiten Wanderungen zu Lande, im Wasser oder durch die Luft geschickt sein; oder aber sie sind genöthigt, einen großen Theil des Jahres im Winterschlaf zuzubringen, bis die wiederkehrende Sommer-Wärme wieder neues Leben umher erweckt, das sie selbst zu ernähren vermag. Aber was befähigt z. B. den Dachs zum Winterschläfer, während der Hund aus gleicher Säugethier-Ordnung auch nicht einen Tag zu verschlafen im Stande ist? So können wir wohl die Arten, Sippen, Familien einzeln aufzählen, welche den Polar-Ländern, den gemäßigten Breiten oder den tropischen Wüsten und Wäldern angehören, nicht aber dieselben unter bestimmte Gesetze zusammenfassen. Die sämmtlichen Affen unter den Säugethieren, die Papageyen und Kolibris unter den Vögeln, die Krokodile und Schlangen unter den Reptilien, die Labyrinthknochigen und andre Gruppen unter den Fischen, die Palmen und gar manche andre Familien unter den Pflanzen sind ganz oder nahezu auf die Tropen beschränkt, während als Eigenthum hoher Breiten nur noch Arten oder höchstens Sippen aus verschiedenen Familien namhaft gemacht werden können.

Die Charaktere, welche die Anpassung an die äußeren Existenz-Bedingungen den Organismen aufprägt, sind daher von sehr ungleicher Dignität. Nach der Verschiedenheit des Wohn-Elementes und des ihm entsprechenden Athem-Organes bildet jeder der 5 Thier-Kreise eine, zwei oder drei Haupt-Abtheilungen: Athem-lose, Kiemen-Thiere und Lungen-Thiere; doch diese Gruppen sind keineswegs in jedem Kreise zusammenhängend; sie zerstreuen sich oft auf verschiedene Stufen desselben, sich wechselseitig unterbrechend. Aber wie sie auf verschiedenen Stufen eines Kreises sich wiederholen können, so thun sie es auch in verschiedenen Kreisen, ohne darum diese Kreise in nähere Verwandtschaft unter sich zu bringen. Auf verschiedenen Grund-Planen beruhend bleiben sie sich so fremd wie zuvor, enthalten aber Parallel-Glieder, wie wir sie S. 125 zwischen Kerb- und Wirbel-Thieren nachgewiesen, und begründen Analogie'n. — Manchfaltiger sind die verschiedenen Bewegungs-Arten und die ihnen entsprechenden Organe in jedem dieser Wohn-Elemente: Festsitzen, Schwimmen, Gehen, Fliegen und deren Unterarten (Schreiten, Laufen, Krabbeln, Hüpfen, Schlängeln, Klettern, Graben, Flattern u. s. w.), und diese Kategorie'n vervielfältigen sich noch dadurch, daß jede dieser Bewegungs-Arten mit verschiedenen homologen oder nicht-homologen Mitteln

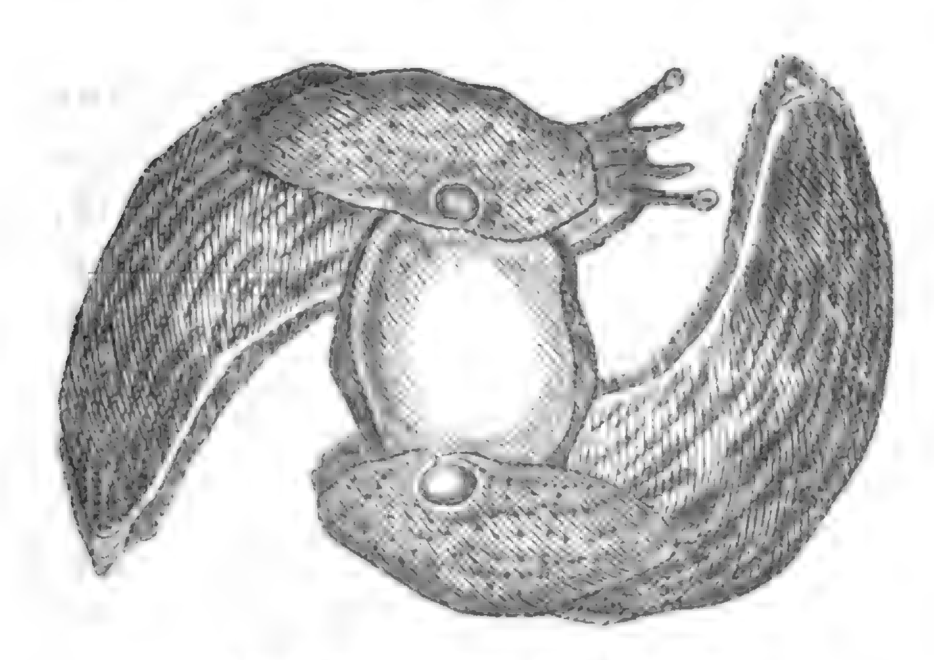
bewirkt werden kann. Auch hierdurch entstehen Parallelen und Analogie'n in verschiedenen Kreisen zwischen den Schwimmern, den Gehern, den Fliegern u. s. w., während sich dabei eine Fortbildung zum Höheren meist nicht sowohl in der Form der Organe an sich als in der Art des Elementes zeigt, worin das Thier sich zu bewegen berufen ist. Gleichwohl gründen sich auf die eigenthümlichen gleichartigen Bewegungs-Weisen ganze oder nahezu ganze Unterkreise (Hexapoden), Klassen (Säugethiere und Reptilien, Vögel, Fische, Gastropoden, Pteropoden, Brachiopoden, Bryozoen, Rotatorien, Quallen, Polypen, Schwämme), Halb-Klassen (bewegliche und unbewegliche Lamellibranchier, Echinodermen, gehende und schwimmende Kruster, parasitische und freie Würmer u. s. w.), oft aber auch nur Ordnungen und selbst ganz kleine Gruppen (Schlangen, Aale, Fledermäuse, Sepien, Medusen u. s. w.). — Der Einfluß des Lichtes geht kaum über die Unterscheidung von Arten und Sippen hinaus, und der des Klima's modifizirt mehr die Lebens-Weise als die Organisation der Wesen. Doch läßt sich erkennen, daß, so wie die Luft als Wohn-Element die Organisation der Luft-Thiere über die der Wasser-Bewohner erhebt, so auch Licht und Wärme der Luft und des Wassers gegenüber von Dunkel und Kälte eine höhere Organisation begünstigen. Demungeachtet liegt in dem Gesetze der Anpassung an die äußern Existenz-Bedingungen so wenig die Nothwendigkeit einer Fortbildung zur höheren Vollkommenheit, wie Dieß in den Progressiv-Gesetzen der Fall ist, daß in Folge jener Anpassung sogar rückschreitende Metamorphosen eintreten, wie wir sie S. 137—138 erörtert haben.

Wie ein großer Theil der Ernährung und insbesondre die Athmung, wie ferner die Bewegungs-Weise, die Beschaffenheit einiger Sinnes-Organe, so ist endlich auch die Fortpflanzungs-Art theils von den äußeren Existenz-Bedingungen unmittelbar und theils von denjenigen Modifikationen des Organismus abhängig, welche von diesen Bedingungen erheischt werden, obwohl die Haupt-Verschiedenheiten in der Fortpflanzungs- und Vermehrungs-Weise durch Knospung, Eierlegen, Lebendiggebären, Brut- und Jungen-Pflege von den Progressiv-Gesetzen bedingt sind und je nach der Entwickelungs-Höhe der Organismen abändern. Daher haben wir in dieser Hinsicht auch keine weitren Bemerkungen über die Pflanzen zu machen, sondern uns auf einige Nachweisungen bei den Thieren zu beschränken. Im Gegensatze zu den Pflanzen ist die Zwitter-

Bildung bei den Thieren ein Moment vergleichungsweiser Unvollkommenheit, weil Trennung der Geschlechter die Bedingung höherer, sich dem thierischen Kulminations-Punkte nähernder Entwickelung der Thiere durch Kinder-Zucht und Familien-Leben ist. Festgewachsene Thiere, welche überall die unteren Ordnungen und Gruppen der verschiedenen Kreise, Unterkreise und Klassen bilden, müssen entweder Selbstzwitter sein, um sich selbst zu befruchten, oder im Wasser in größerer Anzahl gesellig beisammenleben, so daß die befruchtenden Sekrete der Männchen durch Vermittelung des Wassers auf alle weiblichen Individuen der Gesellschaft wirken können. In diesem letzten Falle sind keine Copulations-Organe nöthig; sie fehlen jedoch auch in manchen andern unvollkommneren und selbst in höheren Abtheilungen des Thier-Reiches, wo eine individuelle Paarung stattfindet, wie bei den Batrachiern und den meisten Vögeln. Die Lage der Genital-Öffnungen und mithin auch die Lage der Thiere gegeneinander während der Begattung ist theils von ihrem Grund-Plane, theils aber auch von der Art und Lage der Bewegungs-Organe wenigstens bei den sich paarenden Thieren abhängig. Im Allgemeinen ist die Lage bei den niederen Thieren schwankend, bei den kriechenden Mollusken weit vorn und daher seitlich; bei den Würmern, Krustern und Spinnen meistens zwischen Brust und Bauch, bei den Sechsfüßern und Wirbelthieren am Hinterende des Bauches und, wenn ein solcher vorhanden ist, vor dem Anfange des Schwanzes. Gewöhnlich liegt die einzählige Genital-Öffnung auf der Mittellinie der Unterseite, die doppelte wird mehr und weniger seitlich, am meisten bei den Lamellibranchiaten. Die auf breiter Sohle kriechenden Gastropoden jedoch, welche sich meistens wirklich paaren, haben an der Unterseite keinen passenden Raum für die Generations-Organe, daher solche eine seitliche Stelle in der Brust-Gegend einzunehmen pflegen. Ist die Lage der Genitalien am Hinterleibe, so befindet sich das Männchen während der Paarung gewöhnlich aufrecht über dem Rücken des Weibchens; ist sie unten an der Hinterbrust, so richten sich beide Gatten gegeneinander auf, wenn sie Füße haben (Spinnen, ?Kruster), oder legen sich nebeneinander, wenn sie Füßelos sind (Schlangen, Würmer); in beiden Fällen befinden sich Männchen und Weibchen parallel, Kopf an Kopf. Liegt die Genital-Öffnung aber auf der rechten oder auch linken Seite der Brust, dann muß die Lage der zwei Individuen eine entgegengesetzte werden, und derselbe Fall tritt bei allen Wechselzwittern ein, wo die weibliche

Öffnung, sei es (wie bei unsern Lungen-Schnecken, Fig. 77) neben, oder (wie bei manchen Würmern) unten an Brust und Bauch hinter der männlichen befindlich ist. — Wie schwankend

Fig. 77.



Arion empiricorum in Begattung.

und wie wenig geeignet zur Bildung aufsteigender Reihen oder Stufen die Anpassungs-Charaktere seien, zeigt die Lage der Saugwarzen bei den Säugethieren. Gewöhnlich liegen sie am Bauche als an der passendsten Stelle; in manchen ganz verschiedenen Ordnungen und Familien aber erheben sie sich zur Brust: bei den schwimmenden Sireniern, weil diese auf dem Lande ihre Jungen säugend am Fußlosen Bauche keine so passende Stelle dafür haben, als an der etwas aufrichtbaren Brust; bei den fliegenden Fledermäusen, weil diese nur nächst dem an den Flügeln aufgehängten Brust-Kasten ihre Jungen tragen können, ohne das Gleichgewicht zu verlieren; bei den kletternden Affen, weil ihnen das Tragen und Säugen der Jungen am Bauche im Klettern durchaus hinderlich sein müßte; bei dem aufrecht gehenden Menschen, weil er seine gänzlich ungeschickten und hülflosen Jungen nur an der Brust allein auf seinen Armen mit sich herumtragen kann.

So manchfaltig, weitgehend und durchgreifend demnach die Einflüsse sind, welche die Nothwendigkeit der Anpassung an die äußeren Existenz-Bedingungen auf die Organisation des Ernährungs- und Bewegungs-Systemes der Thiere ausübt, so unbedeutend bleiben sie im Ganzen in Bezug auf das Nerven- und Generations-System; noch weniger aber sind sie vermögend, den Grund-Plan der verschiedenen Thier-Kreise oder -Unterkreise zu modifiziren.

Die vorläufigen Ergebnisse unserer Untersuchungen aber über das wechselseitige Verhältniß der organischen Bildungs-Gesetze zu einander können wir in folgende Worte zusammenfassen.

Während das Gesetz der Grund-Typen die organischen Reiche in scharf getrennte Gruppen zertheilt, ohne dieselben sogleich nach einem festen Prinzipe übereinander zu ordnen, verbinden die Progressions-Gesetze dieselben mit einander, stellen sie stufenweise eine über die andere und leiten eine vom Unvollkommneren zum Vollkommneren gleichmäßig fortschreitende Ausbildung der Organisation ein, welche in jedem Kreise nur in soferne modifizirt wird, als der Grund-Plan ein immer andrer ist, auf welchen jene nämlichen Gesetze angewendet werden. Das Gesetz der Anpassung an die äußeren Existenz-Bedingungen endlich strebt die verschiedenen Grund-Typen, benachbarte wie ferne, nicht durch Verwandtschaft, sondern durch Analogie'n und Parallelen mit einander zu verketten, vermag jedoch eine Steigerung vom Unvollkommneren zum Vollkommneren nur in soferne zu vermitteln, als das Wohn-Element, an welches das organische Wesen sich anpassen soll, ein höheres und der kulminirenden Entwickelung der Thier-Skala günstigeres ist.

d) Vergleichung der aufgestellten Gesetze mit denen der individuellen Entwickelung.

Wir haben schon mehrmals auf die Analogie hingewiesen, welche zwischen den Veränderungen auf den übereinander stehenden Stufen des Systemes und denjenigen besteht, welche während der Entwickelung eines Individuums eintreten, obwohl uns die Pflanzen nur wenig Stoff zu diesen Betrachtungen bieten. Im Systeme wie im Individuum nach eingetretener Befruchtung ist der Ausgangs-Punkt kaum mehr als eine Kernzelle; aber das erste, was sich im befruchteten Eie bildet, die Keim-Haut, läßt bereits erkennen, zu welchem der vier oder fünf Grund-Plane des Thier-Reiches das werdende Individuum gehöre (S. 94). In beiden nimmt der Organismus im Allgemeinen durch die Gesetze progressiver Entwickelung, insbesondre aber fortschreitender Differenzirung der Organe und ihrer

Verrichtungen, so wie an Größe fortwährend zu. Im Systeme wie im Individuum endlich muß sich der Organismus in seiner Gestaltung den äußeren Lebens-Bedingungen anpassen, für welche er in seinem jedesmaligen Stadium bestimmt ist, gleichviel ob er hierdurch an Vollkommenheit gegen die früheren Stadien gewinne oder verliere. In den allermeisten Fällen findet freilich ein auf beiden Seiten analoger Fortschritt statt; wir können namentlich, wenn auch nur bruchstückweise, in der Metamorphose der Individuen dieselbe Stufenfolge der Athmungs- und Bewegungs-Weise erkennen, die wir oben (S. 115 u. a.) für das Thier-System überhaupt aufgestellt haben. Die Encrinus-artig auf einem Stiele festgewachsene Comatula trennt sich von diesem letzten, um frei zu schwimmen (S. 63); die schwimmende Cercaria wirft ihren Schwanz ab, um als Distoma auf fester Unterlage zu ruhen; die im Wasser schwimmende Kaul-Quappe vertauscht ihren Ruderschwanz und Kiemen gegen Füße und Lungen, um als Frosch auf dem Lande zu hüpfen; das anfangs herumlaufende Hühnchen entwickelt seine Flügel um zu fliegen u. s. w. Kielmeyer, Serres u. A. hatten daher angenommen, daß ein jedes Thier höherer Kreise zuerst die niedrigeren Kreise durchlaufen müsse, um die Organisations-Höhe seines reifen Alters zu erreichen, so daß der Mensch zuerst Infusorium, Wurm, Fisch, Reptil, Cetaceum, Affe gewesen sein müsse, ehe er Mensch werden könne. Aber obwohl gewisse Analogie'n zwischen seinen früheren Ständen und den tieferen Stufen des Thier-Reiches unverkennbar bestehen, so sind es doch eben nur Analogie'n, wie aus der früher (S. 94) erörterten Erscheinung hervorgeht, daß schon an jedem beginnenden Embryo der Kreis unterschieden werden könne, zu welchem seine Spezies gehöre. Der Übergang der Architektur eines Thieres aus einem Reiche oder Unterreiche in das andere ist aber, wie wir bereits wissen, unmöglich. Es bestehen Analogie'n und Parallelen, aber keine Verwandtschaften zwischen den verschiedenen Kreisen.

Man kann die beiderseitigen Beziehungen, zwischen den Veränderungen des Individuums und des Systemes nämlich, noch in einer anderen Weise auffassen. Im ersten Fötal-Zustande stimmen alle Thiere eines Unterreiches oder einer Klasse u. s. w. mehr als später, wenn auch nur in negativer Weise, mit einander überein, eben weil sie gewöhnlich zuerst nur den dem ganzen Unterreiche oder der ganzen Klasse gemeinsamen Charakter ausbilden. Erst im Verhältnisse fortschreitender Entwickelung stellen sich sowohl diejenigen Merkmale ein,

durch welche ein Theil der Organismen eines und desselben Kreises sich über die andern erhebt, wie z. B. die Beine und Lungen der Frösche gegenüber den Kiemen ihrer Fuß-losen aber geschwänzten Larven, die noch mit den Fischen übereinstimmen, — als auch jene, wodurch sich jede Art den äußeren Existenz-Bedingungen anpaßt, an welche die späteren Stadien ihres Lebens geknüpft sind. Denn so haben alle Land Säugethiere im frühen Fötus-Zustande Anlage zu fünf Zehen; bei den meisten Ruminanten und den Pachydermen jedoch kommen nur 3, 2 oder 1 derselben zur vollkommnen Entwickelung und hüllen ihre Enden in stumpfe Hufe ein, weil sie ihre Füße nur zum Laufe und nicht gleich den Raubthieren, Affen u. s. w. auch zum Klettern, Graben, Greifen und andern Zwecken gebrauchen, wofür eine größere Anzahl kralliger Zehen nothwendig ist. So haben die kriechenden Raupen aller Sechsfüßer Kinnladen, um Blätter u. s. w. zu käuen, während die aus einigen derselben entstehenden Schmetterlinge dieselben Kinnladen in eigenthümliche Saugröhren verwandeln, um Honigsaft aus den Blumen zu ziehen, zu welchen ihre Flügel sie tragen, und jene Röhren sind lang oder kurz je nach Beschaffenheit der Blumen, die sie aufsuchen, — während die Ameisen ihre Flügel verlieren, sobald ihre Bestimmung beginnt, im Boden zu arbeiten. So leben die Raupen und Kaul-Quappen von Vegetabilien, aber die Schmetterlinge von Blumen-Nektar und die Frösche von Thier-Stoffen, während die Körner-fressenden Sing-Vögel ihre Jungen mit Insekten füttern müssen, weil diese im Kropfe der Ältern nicht eingeweicht gewesene Körner nicht verdauen können, darum auch die herbivoren Säugethiere ihre Jungen nur mit Milch aufziehen können. Also nicht nur die Differenzirung, sondern auch die Anpassung der Organe an die äußeren Lebens-Bedingungen ist die Aufgabe der fortschreitenden Reife des Individuums, wie eben diese äußeren Bedingungen andre und gewöhnlich zugleich solche einer vollkommneren Existenz sind. Eine Organismen-Art, -Sippe oder -Familie mit indifferenteren, gewöhnlicheren, normaleren Charakteren, als andre in gleicher Klasse stehende besitzen, ließe sich also einem Individuum vergleichen, das in einem noch früheren Stadium stehend erst die allgemeinen Kennzeichen seiner Klasse an sich trüge und sich noch nicht für die besondre Lebensweise dieser oder jener Sippe oder Art in ihrem reifen Alter ausgebildet hätte, — während dagegen eine von jenem indifferenten Normal-Charakter mehr fortgeschrittene, mehr abweichende, mehr für nur eine eigenthümliche Lebensweise,

allein aber eben deshalb auch vollkommner befähigte Sippe oder Art (gleich dem mehr differenzirten einzelnen Organ) als eine in der Entwickelung mehr vollendete erscheint, wäre auch diese Differenzirung, wie schon oben bei den Zehen der Säugethiere und den Füßen der Raupen angedeutet worden, mit der theilweisen Unterdrückung vorhandener Keime oder gar schon ausgebildet gewesener Organe (wie die Flügel der Ameisen), oder mit einer Beschränkung des Kreises ihrer Funktionen in Folge einer Anpassung an neue speziellere Zwecke verbunden, wie Das mit einem Theile der Verdauungs-Organe der vorhin erwähnten Insekten und Ruminanten der Fall ist.

Agassiz hat nun alle solche bleibenden Klassen-, Ordnungs-, Familien- und Sippen-Charaktere, welche durch ihre größere Indifferenz oder in anderer Weise denjenigen analog oder gleich sind, die sich bei Individuen nur während ihrer ersten Jugend-Stände vorübergehend zeigen, embryonische Charaktere genannt, und man kann daher auch von embryonischen Sippen und Familien einer Ordnung oder Klasse sprechen solchen gegenüber, deren Charaktere sich am weitesten von dem indifferenten Typus entfernen. Man könnte die entgegengesetzten Charaktere des Individuums, die sich erst während der Culminations-Zeit seiner Entwickelung bei ihm einstellen, als Culminations-Charaktere bezeichnen und die ihnen entsprechenden Sippen culminirende Sippen nennen. Aber man darf nie vergessen, daß diese culminirenden Charaktere eben so wohl eine Folge der Progressiv-Entwickelung als der Anpassungs-Entwickelung und zwar selbst einer rückschreitenden Anpassungs-Entwickelung sein können, daß daher der Ausdruck „Thier-Gruppe mit culminirenden Charakteren" keineswegs überall gleichbedeutend ist mit der Bezeichnung „höhere oder vollkommnere Gruppen," welche nur die Wirkungen der Gesetze progressiver Entwickelung an sich tragen. Daher können auch embryonische Charaktere oft bloß indifferentere sein, sie müssen nicht immer nothwendig ein unvollkommneres Geschöpf bezeichnen.

Die Art und Weise, wie die Veränderungen während der individuellen Entwickelung der Thiere bewirkt werden, ist manchfaltig, während des Fötal-Zustandes allmählich, während der späteren Metamorphosen oft anscheinend Sprung-weise, obwohl die Veränderungen, welche nach Abstreifung der Raupen- oder Puppen-Hülle u. s. w. plötzlich zum Vorschein kommen, immer zuvor schon allmählich unter

dieser Hülle vor sich gegangen sind. Da die Mittel, wodurch die individuelle Anpassung der verschiedenen Lebens-Stadien an die jederzeitigen äußeren Existenz-Bedingungen herbeigeführt werden, oft genau dieselben sind, welche auch der Anpassung ganzer Sippen, Familien und Ordnungen an diese Bedingungen zu Grunde liegen, so gewährt ihre übersichtliche Zusammenstellung ein doppeltes Interesse. Die wichtigsten Mittel sind Erhärtung und Erweichung, Nichtentwickelung vorhandener Keime, Entstehen und Vergehen, Vergrößerung und Verkleinerung, Trennung und Verwachsung, Änderung der Zahlen und der relativen Lage, Einschaltung, unmittelbare Anpassung an eine andere Funktion.

1) Veränderung der Textur und Konsistenz der Organe, zumal Übergang aus dem weichen, häutigen und knorpeligen in den harten Chitine-, Schaalen- und Knochen-Zustand (bei den Pflanzen in den Holz- und Stein-Zustand); und da die Organe dabei auf verschiedenen Stufen stehen bleiben können, so ist damit auch zugleich eine große Differenz der Abstufungen in den inneren Geweben wie in den äußeren Decken gegeben. Erweichung tritt oft bei Pflanzen (Früchten) ein.

2) Nichtentwickelung vorhandener Keime. Bei mehren Säugethieren sind die Keime zur normalen Anzahl der Schneidezähne, Eckzähne und 7 Backenzähne vorhanden, ohne zur Entwickelung zu kommen. So die Schneidezähne mehrer Nashorn-Arten, einige Backenzähne Zahn-armer Delphin-Sippen, die Seiten-Finger und -Zehen vieler 4-, 3-, 2- und 1-zehiger Quadrupeden, z. B. bei Pferden und Wiederkäuern (Fig. 77 ¹· ², S. 150).

3a) Ein späteres Werden neuer Organe: wie z. B. der Zähne und insbesondre der Ersatzzähne der Säugethiere mehr oder weniger spät nach der Geburt; das der Gehörne der Hufe-Thiere, der Füße der Batrachier, der Fühler der Hexapoden mit vollständiger Verwandlung, der Flügel fast aller Hexapoden; das aller Ringel vor dem End-Ringel der Chätopoden- und andrer Annulaten-Körper, der Hinterfüße einiger Kruster und Spinnen, der Klammer- und Ranken-Füße vieler siphonostomen Kruster, vieler Kalk-Täfelchen am Ende der radialen Täfel-Reihen der Echinodermen und in den Armen der Stylastriden, der Genitalien der meisten Thiere, mehr und minder vollständig.

3b) Ein späteres Abstoßen oder plötzlicher Verlust bereits vorhandener Theile (oft mittelst und durch die mit der Metamorphose verbundene Häutung). So das Ausfallen der

Milchzähne, welche nicht überall wieder alle ersetzt werden (Ursus-Arten, Phacochoerus u. s. w.); das Verschwinden der Kiefer-Überzüge der Larven der Saug-Insekten, der hintern Füße der Schmetterlings-Raupen, eines Theiles der Füße verschiedener Lernäen-Larven, ganzer Körper-Theile der Larven von Echinodermen.

4a) Allmähliche Vergrößerung besteht für alle Organe ohne Ausnahme, doch begünstigt solche mitunter vorzugsweise dieses oder jenes Organ auf Kosten der übrigen. So überwächst der nur einem Brust-Ringel entsprechende Brust-Schild der Dekapoden und andrer Kruster die Rücken-Seite mehrer dahinter gelegenen Ringel. So wachsen die Flügel der hemimetabolen Sechsfüßer während der Metamorphose Absatz-weise zu und erreichen nachträglich die ganze Körper-Länge. Auch die spätre Ergänzung und Schließung der anfänglich durchbrochenen Wand zwischen beiden Herz-Kammern der Säugethiere u. s. w. wäre hier anzuführen.

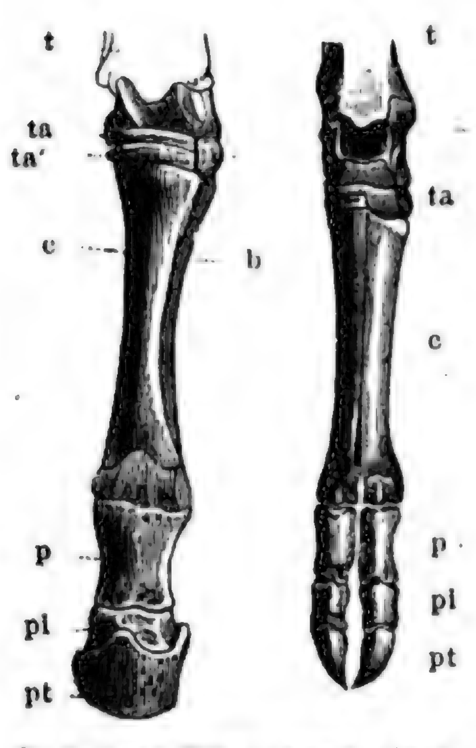
4b) Allmähliche Verkleinerung eines Organes, mitunter bis zur gänzlichen Atrophie. Auf diesem Wege verschwinden die Spannhäute zwischen den Zehen der Boden- und Baum-Vögel-Embryonen, der Schwanz und die Kiemen vieler Batrachier und Wasser-Insekten (Fig. 190, 191, 194, 323), die Brust- und Schwanz-Flossen einiger Fische (Syngnathus, Ophidion), wohl schneller? die Schwanz-Flossen der Krabben-, die Flossen meerischer Gastropoden-Embryonen (in beiden Fällen wohl durch Metamorphose), die Augen der sich fest-setzenden Infusorien und Kruster-Larven.

5a) Eine bloße Trennung vorhandener Körper-Theile in mehre ist eben so selten, als die Vermehrung ganzer Infusorien durch Selbsttheilung gewöhnlich ist. Ohne gleichzeitige Umgestaltung der Organe mag sie kaum eintreten. Eine derartige Trennung mag wohl in der Gliederung der Freß- und Geh-Werkzeuge der Insekten mit vollständiger Verwandelung vorkommen, da dieselben vorher zum Theil einfacher sind als später. Dagegen ist

5b) Verwachsung anfänglich getrennter Theile eine häufige Erscheinung. So wachsen bei den höheren Wirbelthieren alle Knochen von einer anfänglich großen Anzahl Verknöcherungs-Zentren aus gegeneinander, und verbinden sich endlich je 2—4—5 derselben entweder mittelst bleibender Zacken-Nähte, oder ohne nach dem Fötal- oder nach dem Jünglings-Alter auch nur noch eine Spur von Naht zu hinterlassen, zu je einem der gewöhnlichen Knochen untereinander, welche dagegen oft bei Reptilien und Fischen lebenslänglich durch

Schuppen-Nähte verbunden sind. Aber auch die gewöhnlich getrennten 2 Knochen des Vorder-Armes und des Unterschenkels verschmelzen bei manchen Ordnungen mit oder ohne kenntlich bleibende Naht zu einem einzigen; bei den Wiederkäuern sind die zwei Mittelhand- und Mittelfuß-Beine in einen Lauf-Knochen vereinigt, obwohl die ihnen entsprechenden 2 Finger und Zehen noch getrennt bleiben (Fig. 77 [2]). In der Hand der Faulthiere (Fig. 41, S. 127) sind mehre sonst getrennte Knochen durch Verknöcherung der Gelenke unbeweglich mit einander verwachsen. Einen sehr merkwürdigen Fall bietet der Rücken- und Bauch-Panzer der Schildkröten dar (Fig. 77 [3]),

Fig. 77 [1]. Fig. 77 [2].



Fuß eines Pferdes und eines Wiederkäuers: t unteres Ende des Unterschenkels: ta, ta', a Fußwurzel; b, c Mittelfußknochen; p, pi, pt Zehen-Glieder.

Fig. 77 [3].

Rücken-Panzer einer Schildkröte von unten, aus verwachsenen Rückenwirbel-, Rippen- und Hautknochen-Platten zusammengesetzt, welche letzten die Rand-Einfassung des Panzers bilden; alle noch mittelst der Zwischen-Nähte unterscheidbar.

welcher durch die zum Theil schon sehr frühzeitige Verwachsung der Brust- und Becken-Wirbel und ihrer Rippen einerseits, des Brust-Beines und der Abdominal-Rippen andrerseits mit einer Anzahl Knochen-Platten des Haut-Skelettes entsteht. Ebenso lassen sich am Kopfe der Insekten,

welcher später einfach aussieht, sehr frühzeitig mehre Ringel unterscheiden, aus welchen er zusammenwächst. Die Scheiben-förmigen Haft-Organe einiger Lernäen sind Anfangs getrennte Beine gewesen (Fig. 237).

6) Auch mancherlei sonstige Anpassungen einzelner Theile zu besonderen neuen Zwecken kommen vor, wie die Verwendung der letzten Abdominal-Ringel bei den Weibchen mancher Hymenopteren zu Lege-Röhren.

7) Eine Änderung der relativen Lage und Verkettungs-Weise der Theile ist eine sehr seltene Erscheinung. Doch sieht man nach R. Owen's Beobachtung am Skelette mancher Fische den Schulter-Apparat sich vom Kopfe, womit er Anfangs zusammenhängt, ablösen, um sich auf den Rippen weiter rückwärts zu bewegen, wo er bei allen höheren Wirbelthieren seine bleibende Stelle hat. Auch bei den Schildkröten, wo er im reifen Alter unter den Rippen liegt, wechselt er seine anfängliche Lage etwas. Am Fötus der Knochen-Fische pflegt das Maul unten am Kopfe zu liegen, woran es im reiferen Alter eine terminale Lage einnimmt (vergl. den Salmen-Fötus, Fig. 321).

8) Durch Einschaltung homonymer Theile zwischen den schon vorhandenen wachsen nicht nur die ganzen Körper der Ringelwürmer (vergl. die Nereis-Larve, Fig. 297), welche Anfangs alle nur aus einer geringen Anzahl von Ringeln bestehen, so wie vieler Kruster und Myriopoden, sondern auch die Fühler und die Ocellen-Gruppen der letzten und die Arme der Krinoideen. Wahrscheinlich findet derselbe Proceß bei der Bildung vielgliederiger Borsten-Fühler von Hexapoden und Krustern statt. Diese Vermehrung der Anzahl homonymer Theile zur Anpassung an die äußeren Bedingungen in Folge individueller Entwickelung steht im Widerspruche mit dem Gesetze der Reduktion der Zahlen homonymer Theile in Folge progressiver Entwickelung im Systeme (vergl. S. 84, 110). Sogar bei den Plagiostomen und den meisten Ganoiden unter den Fischen läuft das Hinterende der knorpeligen Wirbelsäule oft fein wie eine Nadel-Spitze aus und entstehen während des Wachsthums der Fische, nach Heckel vielleicht während ihres ganzen Lebens, fortwährend neue Wirbel-Körperchen mit ihren Anhängen; — ob auch hier durch Einschaltung oder am wirklichen Hinterende der bereits vorhandenen Wirbel-Reihe, wie es wahrscheinlicher, bleibt noch zu untersuchen.

9) Durch Festwachsen der Schaalen (Polypen, Krinoideen,

Acephalen, Balanen) und Anheften des Körpers mittelst eines sogenannten Fußes (Brachiopoden, Cirripeden), Muskels (Anomia, Crania) oder Byssus (Mytilaceen) des zuvor frei schwimmenden Körpers, worauf zuweilen wieder eine Ablösung und freie Bewegung erfolgt (Comatula, S. 63, Fig. 44). Fest-wachsende Cirripeden werden dabei viel größer als die ihnen zunächst verwandten frei beweglichen Kruster, und festwachsende Weibchen von Parasiten viel größer als ihre frei-beweglich bleibenden Männchen.

So setzt uns das Studium der Organe während der individuellen Metamorphose oft in den Stand, in den Organen des reifen Thieres die ganz verschieden aussehenden des unreifen wieder zu erkennen, ihre Homologie sogar bei völlig abweichender Funktion zu bethätigen und das am Individuum Beobachtete auf verschiedene Sippen und Familien in Anwendung zu bringen, um zuweilen trotz des abeichendsten Aussehens ihre Verwandtschaft, ihre Zusammensetzung aus denselben Elementar-Theilen, ihre Konstruktion nach demselben Plane zu beweisen. Auf bloße Analogie, auf gleiche Lebens-Verrichtungen von Organen, die sich im Grund-Plane der Thiere nicht entsprechen, gründet sich keine Verwandtschaft. Die Homologie der Organe, die Identität des Planes ließ sich trotz ihrer großen Unähnlichkeit bei den Bewegungs-Organen aller Wirbelthiere nachweisen (S. 128); aber die Augen am Mantel-Rande von Pecten und die am Kopfe der Gastropoden haben keine Homologie mit einander, obwohl sie zum gleichen Zwecke dienen.

e) Überordnung der Charaktere.

Über die Reihen-Ordnung, in welcher sich die einzelnen Kreise des Systemes über einander erheben, besteht nach Berücksichtigung ihrer Gesammt-Organisation weder im Pflanzen- noch im Thier-Reiche noch ein Zweifel. Auch die Stufen-Folge der Unterkreise oder der Klassen steht in der Regel fest (vergl. S. 157). Je mehr wir aber zu den untergeordneten Abtheilungen des Systemes, zu den Ordnungen, Familien u. s. w. übergehen, je minder gewichtig die Merkmale sind, wodurch sie sich von einander unterscheiden, desto größer wird die Unsicherheit, welche Kennzeichen man als die den Ausschlag gebenden da betrachten solle, wo mehre derselben mit einander im Widerspruch auftreten und das eine für eine höhere, das andre für eine tiefere Stellung der fraglichen Gruppe im Systeme zu sprechen scheint. Man hat daher seit A. L. de Jussieu an eine Rangordnung

der Charaktere, an eine wechselseitige Subordination derselben, an Regeln gedacht, nach welchen solche Fragen entschieden werden sollten. Indessen hat sich keine dieser Regeln bisher als allgemein brauchbar erwiesen, wenn auch der Anschein anfänglich sehr für die eine oder die andre zu sprechen scheint. Immerhin ist es jedoch von Wichtigkeit, sie zu kennen und zu beurtheilen. Wir wollen folgende namhaft machen. Es sind: 1) Die Rangordnung der Charaktere nach der Reihen-Ordnung ihres Auftretens im Fötus; 2) die Stellung kulminirender über den embryonischen Charakteren; 3) die Rangordnung nach den drei Faktoren der organischen Formen-Bildung; 4) die Ordnung nach der Höhe der vier Organen-Systeme.

1) Zuerst hat Hensel als Prinzip aufgestellt, daß diejenigen Charaktere, welche an dem Embryo zuerst kennbar werden, auch die wichtigsten und zur Unterscheidung der Haupt-Abtheilungen geeignetsten seien; erst nach den Merkmalen der Kreise kämen die der Klassen, der Ordnungen u. s. w. der Reihe nach an ihm zum Vorscheine. In der That beruhen seit Jussieu die drei Haupt-Abtheilungen des Pflanzen-Reichs auf der Zahl der Kotyledonen; die Unterscheidung in Akotyledonen, Monokotyledonen und Dikotyledonen ist noch immer die wichtigste und natürlichste von allen und scheint auch für immer die Grundlage aller Klassifikationen der Pflanzen bleiben zu müssen. Auch bei den Thieren zeigt sich im Allgemeinen jenes Prinzip bestätigt; die Merkmale treten im Verhältnisse ihrer abnehmenden Dignität nach einander auf. Der in dem Eie sich entwickelnde Embryo, die Keimhaut, ist nämlich entweder ein einseitiger Primitiv-Streifen bei den zwei höheren Thier-Kreisen und den vollkommneren Mollusken, oder er beginnt gleichzeitig sich um den ganzen Dotter zu entwickeln und diesen einzuschließen bei allen tiefern Abtheilungen des Systemes. Jener Streifen wächst entweder nach zwei Seiten um den Dotter fort, nämlich a) vom Rücken aus und sogleich die der Wirbelsäule der Wirbelthiere entsprechende Dorsal-Rinne zeigend, so daß der Dotter von der Bauch-Seite in den Embryo eintritt, oder b) er umwächst den Dotter von der Bauch-Seite her bei den Kerbthieren; — oder der Primitiv-Streifen wächst nach allen Richtungen ausstrahlend fort, und zwar so, daß er c) den Dotter abschnürt und dieser allmählich durch den Kopf sich in das Innere des Embryos zurückzieht, wie bei den Cephalopoden; oder d) die Umwachsung erfolgt sehr schnell und so, so daß keine Abschnürung dem Eintritte vorangeht, wie bei den übrigen Mollusken. So lassen

sich allerdings schon beim ersten Entstehen der Fötus Wirbelthiere, Kerbthiere, vollkommnere und unvollkommnere Mollusken und die vereinten Kreise der Actinozoen und Amorphozoen von einander unterscheiden, wie Das schon S. 94 angegeben worden, wo aber auch einige Fälle abweichenden Verhaltens des ersten Vorganges bereits namhaft gemacht worden sind. Diesen Ausnahmen gesellen sich aber im Verlaufe der weiteren Entwickelung noch andre bei. Am Wirbelthier-Fötus erkennt man gewöhnlich nach dem Erscheinen der Dorsal-Rinne zuerst Amnion und Allantois als Eigenthum der mit Lungen versehenen vollkommneren Wirbelthiere, der Säugethiere, Vögel und monopnoen Reptilien-Abtheilungen im Gegensatze der dipnoen Reptilien und der Fische; hierauf zeigen sich beim Säugethier-Fötus gewisse Theile des Gehirnes, welche ihn von dem der Vögel und monopnoen Reptilien zu unterscheiden gestatten u. s. w. Davon hat sich jedoch in Folge von Th. Bischoff's Untersuchungen am Meerschweine eine höchst merkwürdige Abweichung ergeben, indem am Eie dieses Thieres nämlich Amnion und Allantois schon vor dem eigentlichen Primitiv-Streifen und von ihm unabhängig erscheinen, so daß sich hier das Lungen-Wirbelthier schon vor dem Wirbelthier als solchem zu erkennen gibt; — wie denn auch der verkehrten Lage dieses Thieres mit dem Rücken gegen der Dotterblase schon früher (S. 95) erwähnt worden ist. Eben so würde es wohl nicht möglich sein, die Entwickelungs-Folge der Charaktere bei den Cephalopoden in genaue Parallele mit ihrer systematischen Dignität zu bringen. Wenn daher der chronologischen Entwickelungs-Folge der Theile ein unbedingter Werth für den klassifikatorischen Zweck, wie er oben bezeichnet worden, nicht mehr beigelegt werden kann, so ist doch gewissen fötalen Merkmalen im Allgemeinen eine hohe Bedeutung in dieser Hinsicht nicht abzusprechen.

2) Weniger sicher ist jedenfalls die Rang-Ordnung der Charaktere nach den drei Faktoren der organischen Gestaltung, von welchen sie abhängen (S. 81 ff.). Zwar müssen die Grund-Plane ohne Ausnahme als oberstes Klassifikations-Prinzip festgehalten werden, obwohl die unvollkommensten Wesen in jedem höheren Kreise absolut unvollkommner sind, als die vollkommensten in dem nächst tiefer stehenden. Amphiorus unter den Fischen ist, wenn auch nach höherem Plane angelegt, gewiß unvollkommner als die höchsten Kerbthiere und selbst Weichthiere; die Binnenwürmer unter den Entomozoen sind sicher weit unvollkommner als die Cephalopoden; die Bryozoen unter den

Mollusken stehen unter den Holothurien; nur die Polypen unter den Aktinozoen mögen sich noch unbedingt über die Infusorien bei den Amorphozoen erheben. Die Gesetze progressiver Entwickelung und äußerer Anpassung müssen unbedingt denen der Typen-Bildung untergeordnet werden, deren Erzeugnisse durch erste wohl modifizirt, vollkommner oder unvollkommner werden können, aber immer ihre absolute Stufenfolge behalten müssen. Wohl unmöglich wird es dagegen, allgemeine Vorschriften über die von den zwei letzten Faktoren abhängigen Charaktere zu geben, wenn es auch fest steht, daß die Progressiv-Gesetze im Verhältnisse ihrer Leistungen immer nur Vollkommneres schaffen, die Anpassungs-Gesetze aber sogar eine rückschreitende Metamorphose herbeiführen können. Man mag ferner anführen, daß die aus den Progressiv-Gesetzen hervorgehenden Einrichtungen der unabhängige Ausdruck der bildenden Vitalität und Animalität selbst sind und im Nerven- und Generations-Systeme vorherrschen, während die von den Anpassungs-Gesetzen bedingten Gestaltungen, welche sich zumal auf das Ernährungs- und Bewegungs-System erstrecken, auf den Beziehungen des Organismus zur Außenwelt beruhen und mithin von der Beschaffenheit dieser letzten bedingt sind, welche in Zeit und Ort nicht überall dieselbe bleibt, sondern selbst gewisse Veränderungen durchläuft. Daher, scheint es, müssen die Charaktere, welche der Ausdruck der inneren selbstigen Kraft sind, die den äußeren Zufällen entsprechenden an Bedeutung überwiegen. Aber die manchfaltigen aus jedem der beiderlei Faktoren hervorgehenden Wirkungen sind, beide für sich genommen, natürlich von sehr ungleicher Dignität, und so kommen häufig die des letzten über jene des ersten zu stehen.

3) Gegen die Rang-Ordnung der Charaktere nach der Höhe der Organen-Systeme, welchen sie angehören, läßt sich der nämliche Einwand erheben. Allerdings ist es im Allgemeinen wichtiger, daß die animalen als daß die vegetativen Organen-Systeme sich vervollkommnen, wenn auch diese jenen theils vorangehen und theils gleichen Schritt mit ihnen halten müssen; aber die Schwierigkeit liegt darin, einen gleichen Maßstab für beide zu finden, um so-zu-sagen das Gewicht von gleichen Volumina beider mit einander vergleichen zu können. Doch zeigt sich überall, daß irgend bemerkbare Vervollkommnungen im Nerven-Systeme mit der erheblichsten Vervollkommnung in den übrigen Organen-Systemen begleitet sind, wofür als treffendes Beispiel die Vervollkommnung der Organisation im Verhältnisse des Übergewichtes der Gehirn- über die Rückenmarks-Masse

sich anführen läßt, da dieses Verhältniß meßbar ist. Es verhält sich nämlich das Gehirn zum Rückenmark ungefähr

bei gewöhnlichen Säugethieren . .	= 4	: 1
Vögeln	= 3	: 1
Reptilien	= 2,5	: 1
Fischen	= 2	: 1

und so sieht man auch bei den höheren Wirbel-losen Thieren die Knoten des Schlund-Nerven-Rings immer mehr gegen die übrige Nerven-Masse überwiegend werden. Am auffallendsten jedoch hält im obersten Thier-Kreise die Vervollkommnung der Generations-Weise gleichen Schritt mit der des Nerven-Systemes, indem die Fische Eier legen, die sie sich selbst überlassen, die Reptilien auch Sorge für sie und ihre Jungen tragen, ja mitunter die Eier zu decken und zu schützen sich bemühen; die Vögel brüten ihre Eier auch, erziehen ihre Jungen bis zur Reife und halten sich auch außer dieser Zeit meistens Paar-weise zusammen. Bei den Säugethieren bringt die Mutter die Eier in ihrem eignen Leibe zur Reife, säugt die Jungen groß, nährt und erzieht sie später gemeinschaftlich mit dem Männchen und bildet längre Zeit eine bleibende Familie.

4) Eine ziemlich allgemeine Beobachtung belehrt uns noch in Bezug auf das vorangehende Kriterium (3), daß, wenn man die Organismen-Reihen von unten an aufwärts durchgeht, jedes Organ bei seinem ersten Auftreten in seiner Zahl, Form, Entwickelung und Verkettungs-Weise am unsichersten ist und um so mehr Stetigkeit und Verlässigkeit erlangt, je mehr Gruppen des Systemes es bereits durchlaufen hat und je weiter es bereits in seiner Ausbildung vorangeschritten ist. Die später im dritten Theile folgenden Untersuchungen werden viele Belege dafür liefern.

Im ganzen Thier-Systeme gibt es wohl keinen Kreis, in welchem die Feststellung der Stufenfolge der einzelnen Klassen größere Schwierigkeiten darböte als bei den Kerbthieren, da sich Spinnen und Hexapoden um den Vorrang streiten, und eben so gibt es keine Klasse, wo diese Schwierigkeit größer wäre als die der Hexapoden selbst. Fassen wir die Merkmale aller auf diese Stellung Einfluß übenden Organe zusammen und bemerken bei jeder Klasse und beziehungsweise Ordnung nicht nur die Beschaffenheit des Organes, sondern auch die Nummer, welche der Klasse oder Ordnung darnach bei aufsteigender Reihenfolge zukommen würde, so erhalten wir folgendes Bild.

Kreis der Kerbthiere.

	Würmer		Kruster		Tausendfüße		Spinnen		Sechsfüßer	
1) Gliederung des Rumpfes	unbeschränkt, indifferent	1	beschränkt, different	3	beschränkt, indifferent	2	beschränktest, different	5 !	beschränkter, different	4
2) Athmung-Organe deren Verbreitung und Zahl	0 oder Kiemen oft am ganzen Körper	1	0 oder Kiemen örtlich	2	ästige Tracheen, Stigmen ∞	3	Lungen, Tracheen, Stigmen 4–2	5 !	ästige Tracheen, Stigmen mehre	4
3) Nerven-Stränge / -Knoten	1 oder 2 getrennt / ∞ indifferent	1	2 verbunden / viele oder wenige	3	2 verschmolzen oder verbunden / ∞ indifferent	2	2 verbunden / 2—3 Paar	5 !	2 verbunden / mehre	4
4) Kiefer-Zahl	3 radial oder ∞ veränderlich	1	2—5 Paar	(2)	2 Paar	(3)	2 Paar	(3)	2 Paar	(3)
5) Füße	0 oder unvollkom.	(1)	3-∞ Paar different	(3)	∞ indifferent	(2)	4 Paar	(4)	3 Paar	(5 !)
6) Fühler	0 oder ästig	(1)	2 Paar, different	3	1 Paar	(2)	0 Paar	4 !	2 Paar	4 *)
7) Augen	0 od. ∞ punktförmig	(1)	1—3 facettirt	3	0—∞ punktförmig	2	0—12 einfach	4 ?	2 facettirt, 0—3 einfach	5 ?
Mittle Reihenfolge		7		19		16		30		27

*) Zwar scheint der gänzliche Mangel der Fühler, welche in Oberkiefer verwandelt sind, die Spinnen tiefer stellen zu müssen; aber es ist vielleicht geltend zu machen, daß die Fühler kein bleibendes, in dem obersten Kreis vorkommendes Organ sind und ihr Fehlen daher schon einer Annäherung an diesen entspricht.

Klasse der Sechsfüßer.

	Coleoptera	Orthoptera	Neuroptera	Hymenoptera	Hemiptera	Lepidoptera	Diptera
Freßwerkzeuge	Käuer . . (1)	Käuer . . (1)	Käuer . . (1)	Käuer . . (1)	Sauger . . (2)	Sauger . . (2)	Sauger . . (2)
Flügel: Zahl. Beschaffenheit	2 Paar. different . } 4	2 Paar. different . } 3	2 Paar. indifferent . } 1	2 Paar. indifferent . } 1	2 Paar. different . } 2	2 Paar. indifferent . } 1	1 Paar . } 5
Verwandlung nach Burmeister	ganz . . . 3	halb 1	verschieden . 2	ganz 3	halb 1	ganz 3	ganz 3
Raupen	mit Füßen . 1	mit Füßen . 1	mit Füßen . 1	verschieden . 2	mit Füßen . 1	mit Füßen . 1	ohne Füße . 3
Athmung der letzten	durch Tracheen 2	durch Tracheen 2	oft d. Kiemen 1	durch Tracheen 2	durch Tracheen 2	durch Tracheen 2	oft d. Kiemen u. Parasit. 1
Verwachsung der Brust	mit Bauch	mit Bauch	keine	keine	mit Bauch	keine	keine
Aufenthalt und Bewegungs-Art	am Boden . 3	am Boden . 3	am Ufer . . 1	Flieger . . . 2	an Blumen 3	Flieger . . . 2	Flieger . . . 2
Mittler Zahlen-Ausdruck	14	11	7	11	11	11	16

Demnach kämen die Spinnen (S. 157) noch über die Hexapoden zu stehen. Doch ist die Veranschaulichung des Werthes der verschiedenen Augen-Bildungen schwierig, und wird das Verhältniß der Werth-Unterschiede in den übrigen Zeilen durch die einfache Reihe 1, 2, 3, 4, 5 nicht genau ausgedrückt; die Differenzen zwischen den Zahlen müßten ungleich sein.

Nach der Gesammtheit ihrer Charaktere (S. 158) hätten wohl die Neuropteren, Orthopteren und Hemipteren durch Übergangs-Formen am meisten Verwandtschaft mit einander, während die Lepidopteren sich durch einige Motten etwa den Phryganiden unter den Neuropteren anschließen lassen. Die Koleopteren, Hymenopteren und Dipteren stehen am schärfsten getrennt von den übrigen Ordnungen da. Aber jeder Versuch, sie nach den Werth ihrer Merkmale in eine aufsteigende Linie zu ordnen, mißlingt gänzlich, und keines dieser Merkmale gibt ein dem andern auch nur ähnliches Resultat. Es ist Dieß freilich um so weniger zu erwarten, als man manche Charaktere in verschiedener Weise beurtheilen kann. So kann man von den Holometabolen sagen, daß ihr Raupen-Stand dem der Ringelwürmer näher verwandt seie, also tiefer stehe, während der der Hemimetabolen schon früher der Form des reifen Insekts entspreche und schon früher der Vollendung nahe stehe; doch nimmt Burmeister, dem wir hier gefolgt, eine entgegengesetzte Werthung an. In noch höherem Grade würde das Argument für die Fuß-losen Maden gelten, die indessen nicht nur bei den holometabolen Dipteren, sondern auch bei einem Theile der hemimetabolen Hymenopteren vorkommen, welche im Inneren lebender Pflanzen und Thiere als Parasiten leben; aber durch die größre Fürsorge, deren sie bei ihrer Erziehung bedürfen, so wie durch die Kunst-Triebe der Ältern erinnern sie auch in hohem Grade an die höher stehenden Nesthocker im Gegensatze der Nestflüchter bei den Vögeln. Die Sauger werden von Agassiz über die Käuer gestellt, weil sie sich vom käuenden Raupen-Zustande mehr entfernen, also höher stehen; indessen beruht dieser Unterschied auf äußerem Anpassungs- und nicht auf innerem Progressiv-Gesetze und beweist nicht so strenge für eine absolute Vervollkommnung. Auch kommen doch alle Arten von Raupen und Metamorphosen bei ihnen vor.

Was das Leben mancher Raupen im Wasser betrifft, so möchte es für eine niedrigere Stellung wenigstens der ersten Stände Zeugniß geben, zumal da es eine Neuropteren-Sippe gibt, welche die Kiemen der Raupe auch im reifen Zustande bewahrt; aber unter

den Neuropteren scheinen die meisten Wasser-Raupen, wie die meisten Parasiten bei den Dipteren vorzukommen, welche wir wegen der reduzirten Flügel-Zahl bei ausgezeichnetestem Flug-Vermögen, wegen der beschränktern Vertheilung der Stigmata und anderer Ursachen am höchsten zu stellen geneigt wären. So sehen wir uns noch fortwährend außer Stand, eine gesicherte Stufen-Ordnung der Hexapoden aufzustellen, bis man sich über eine gewisse Rangordnung ihrer Charaktere geeinigt haben wird.



Dritter Theil.

Von den Gesetzen progressiver Entwickelung insbesondre.

Wir haben im zweiten Theile S. 108 bereits eine allgemeine Übersicht von den Gesetzen der progressiven Entwickelung und ihren Beziehungen zu den übrigen Faktoren der organischen Gestaltung der Wesen gegeben, so weit dieselbe für den Zusammenhang nöthig gewesen ist. Da die Begründung und nähere Betrachtung der Progressiv-Gesetze ein Hauptzweck des gegenwärtigen Versuches ist und einen weiteren Umfang erfordert, so widmen wir ihr einen besondern Theil dieser Schrift. Wir werden also darin der Reihe nach zu erörtern haben:

A. Die Differenzirung der Funktionen und Organe bei Pflanzen und Thieren nach allen organischen Systemen derselben.
B. Die Reduzirung der Zahlen homonymer Organe.
C. Die Lokalisirung und Konzentrirung der Organen-Systeme.
D. Die Zentralisirung derselben.
E. Die Internirung der Organe.
F. Die Vergrößerung bis zum angemessensten Grade.

A. Die Differenzirung der Funktionen und Organe.

1) Überhaupt.

Die Vollkommenheit der Wesen beruhet zunächst in der Manchfaltigkeit, Vollkommenheit und Höhe ihrer Lebens-Verrichtungen, welche in derjenigen der Organe ihren Ausdruck finden, die zu ihren Diensten sind. Je höherem Dienste gewidmet, je verschiedenartiger und unabhängiger von einander diese Organe sind,

als desto vollkommner werden sie zu betrachten sein und desto vollkommner wird jedes Wesen alle Funktionen des Organismen-Reiches verrichten, welchem es angehört. In diesem Sinne hat Milne-Edwards seit 1827 die immer weiter fortschreitende Theilung der Arbeit und jedes einzelnen Arbeits-Aktes unter verschiedene Werkzeuge, wie sie in großen Fabriken geschieht, als die wichtigste Grundlage der Vervollkommnung der Thiere von den untersten bis zu den obersten Stufen des Systemes in so geistreicher Weise dargestellt und zum Theil in so meisterlichen Strichen skizzirt*), daß nur der Wunsch einer gleichmäßigeren Ausführung des Gesammtbildes in beiden Natur-Reichen und seiner Verdeutlichung mittelst Abbildungen auch für den minder erfahrnen Natur-Freund uns auf einen Theil des von ihm eingeschlagenen Weges jetzt nochmals zurückzuführen vermocht hat, nachdem wir 1850 dasselbe Verfahren der Natur als eine fortschreitende Differenzirung der Funktionen und ihrer Organe bezeichnet hatten. Dieses Gesetz der Differenzirung, welches man durch beide organischen Reiche überall verfolgen kann, ist in der That das wichtigste von allen, die wir oben aufgeführt haben, so daß mehre der andern sich als bloße Ausflüsse desselben ihm unterordnen lassen würden, wenn nicht die getrennte Betrachtung derselben zur Einfachheit der Darstellung und bessern Hervorhebung beitrüge.

Die einfachsten und unvollkommensten Pflanzen (z. B. Chytridium) und Thiere scheinen gleich dem beginnenden Embryo aller Organismen kaum etwas mehr als ein Klümpchen Form-losen Schleims (Fig. 29, S. 53) oder eine einfache Zelle mit einem Kern im Innern (Fig. 78) zu sein, die unter wesentlicher Betheiligung dieses Kernes noch andre Wachsthums- und Fortpflanzungs-Zellen in sich hervorbringt und sofort ausscheidet. Die Bildung der neuen Zellen im Innern erfolgt aus eingeschlossener organischer Flüssigkeit, welche (mittelst Endosmose?) durch die Zellen-Wand hindurch mit der Außenwelt in Wechselwirkung steht und die zur Neubildung erforderlichen Elemente sich aneignet. Mehr bedarf es auf

Fig. 78.

Gregarinia.

*) Zuerst in einem Artikel über die Organisation der Thiere im Dictionnaire classique d'histoire naturelle, und später ausführlicher in einem selbstständigen Schriftchen: Introduction à la Zoologie générale, 1. part., Paris 1851. 8⁰. (vergl. unsre Vorrede). Obwohl wir 1853 von dem Schriftchen selbst eine Übersetzung be-

den untersten Stufen der Organisation nicht, um Wachsthum und Fortpflanzung in ihrer einfachsten Weise zu vermitteln; und die Thiere unterscheiden sich nur dadurch von den Pflanzen, daß sie in Folge empfundner äußrer Eindrücke sich auch noch bewegen und meistens sogar ihre Stelle wechseln können. Diese Empfindung ist auf den niederen Stufen des Thier-Reiches freilich eine so dunkle, daß man sie oft nur als eine Reitzbarkeit der festen Körper-Masse zu bezeichnen pflegt, wie auch die Bewegung sich dort oft auf eine Ausdehnung und Zusammenziehung dieser letzten ohne Ortswechsel beschränkt. Daher man in den untersten Anfängen beider Reiche mit Oken das Charakteristische derselben fast nur noch darin zu finden vermag, daß sich bei den Pflanzen das Flüssige im Festen, bei den Thieren das Flüssige und Feste bewegt. Und doch, wie vielgliederig ist der Aufbau und die Ausstattung, wie manchfaltig sind die Lebens-Äußerungen der höher organisirten Wesen beider Reiche!

Der Weg, welchen die Natur bei der Arbeits-Theilung unter die verschiednen Organe einschlägt, kann in mehre Stadien zerfallen. Liegt derselbe vollständig vor, so sind zuerst alle Funktionen allen Theilen des Organismus gemeinsam zugetheilt und besondre Organe gar nicht vorhanden (Rhizopoden u. A.). Dann tritt eine Lokalisirung, eine Beschränkung jeder Funktion auf eine besondre Gegend oder Stelle des Körpers ein.

Hierauf gehen die Funktionen an wirkliche Organe über, entweder so, daß einerlei Organ noch verschiedene Funktionen zusammen besorgt, ehe die Trennung vollständig wird, wie Dieß Milne-Edwards als „Entleihung der Organe" so vielfältig nachgewiesen, oder so, daß gleich Anfangs oder bei dieser späteren Trennung jede Funktion eine große Anzahl gleichnamiger und gleichförmiger Organe zu ihrer Verfügung hat, die sich später vermindert. Diesen letzten Fall werden wir ausführlicher im Abschnitte über „Reduzirung der Zahl homonymer Organe" verfolgen, hier uns aber auf die voranbezeichneten Erscheinungen beschränken. — Was wir so eben über die Funktionen- oder Arbeits-Theilung im Ganzen gesagt, das kann sich dann auch theilweise bei jeder einzelnen Funktion, bei Ernährung, Fortpflanzung, Bewegung oder Empfindung im Besonderen, so wie

---

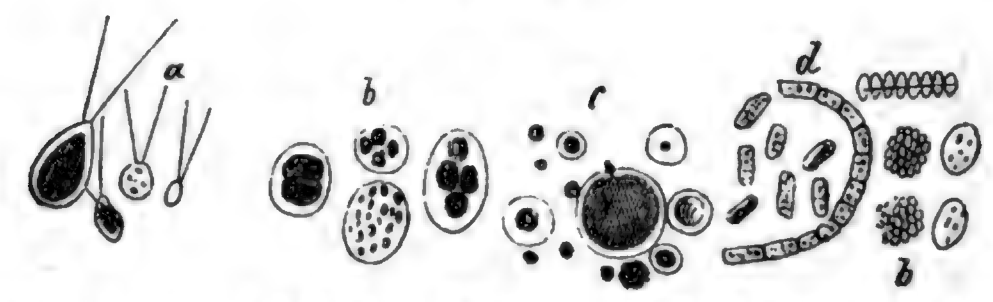
sorgten, so waren uns doch beide Arbeiten noch unbekannt, als wir diesen Gegenstand 1850 zum ersten Male behandelten, und sind beide ohne wesentlichen Einfluß auf unsre jetzige Gesammt-Auffassung und -Darstellung geblieben.

auch wieder bei den einzelnen Akten wiederholen, in welche sie zerfällt, was bei den Thieren dann allerdings mehr als bei den Pflanzen in die Augen springt, weil die Akte viel manchfaltiger sind.

2) Bei den Pflanzen insbesondre.

Wir wenden uns zunächst an die Pflanzen, um zuerst bei ihnen die Arbeits-Theilung zum Zwecke der Ernährung und Fortpflanzung zu betrachten. Wir wählen bei Betrachtung A) der Ernährungs-Funktion die Algen und insbesondre Protococcus zum Ausgangs-Punkte*), der seiner beweglichen Sporen halber mitunter auch zum Thier-Reiche gerechnet worden ist. — Die Algen sind schwimmende Wasser-Bewohner; nur Protococcus und einige Verwandte finden sich auf bleibenden Schnee-Feldern oder an feuchten Stellen des Landes und sind nicht durch Wurzeln befestigt. Ein kugeliges oder ovales Schleim-Bläschen mit 2—4 kleineren Bläschen oder Zellchen im Innern, welche als Sporen zur Fortpflanzung der Art dienen: Dieß ist die ganze Pflanze (Fig. 79). Ein Gallert-Lager mit Perlschnur-

Fig. 79.



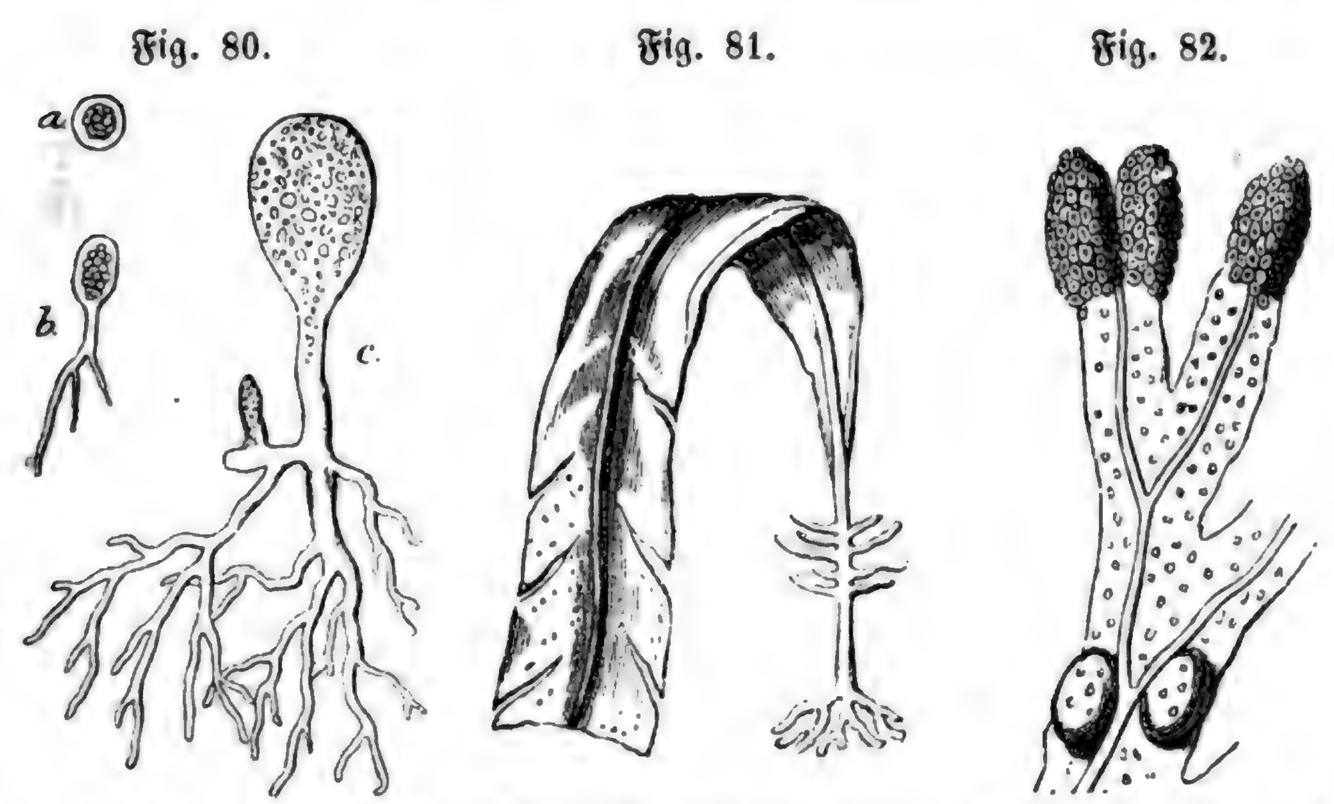
Protococcus nivalis: a Schwärm-Sporen; b Encystirung und Theilung; c ruhende Kugel-Form; d andre Formen.

artig aneinander gereiheten Sporen im Innern, Nostoc, ist einer ihrer nächsten Verwandten. Die meist auf das hauptsächlich fließende Wasser beschränkten Ulven und Konferven strecken sich sämmtlich in die Länge, indem sich die Zellen selbst mehr und weniger verlängern, sich in größrer Zahl aneinander reihen und bald ästig zu werden beginnen. Bei einigen enthalten alle Zellen Körnchen oder Sporen und sind einander noch gleich; bei andern tritt die erste Differenzirung dadurch ein, daß die erste Zelle am Faden sich noch stärker

*) Wir übergehen die Kiesel-schaaligen Diatomeen, da ein Theil der namhaftesten Botaniker sie eben so bestimmt vom Pflanzen-Reiche wie die meisten Zoologen sie vom Thier-Reiche zurückweisen, obwohl Aufnahme und Ausscheidung fester Stoffe durch vorhandne Öffnungen so wie auch Kontraktilität nachgewiesen sind.

in die Länge zieht und am freien Ende Scheiben-förmig ausbreitet, um sich an irgend einer Unterlage festzusetzen (Mougeotia u. a.), die letzte am andern Ende aber anschwillt und allein oder mit einigen Nachbarn Sporen entwickelt (Fig. 80). In andern Algen legen sich die Zellen in größerer Anzahl neben und um einander, mitunter schon verdickte Wände zeigend, und die äußern sondern sich zu einer kleinzelligen Oberhaut; die erwähnte Scheibe wird oft Wurzel-förmig, der Faden breit, oft Blatt-ähnlich; die Sporen-bildenden Zellen endlich nehmen verschiedene Stellungen, Formen und Gruppirungen an (Fig. 81, 82).

Fig. 80. Fig. 81. Fig. 82.



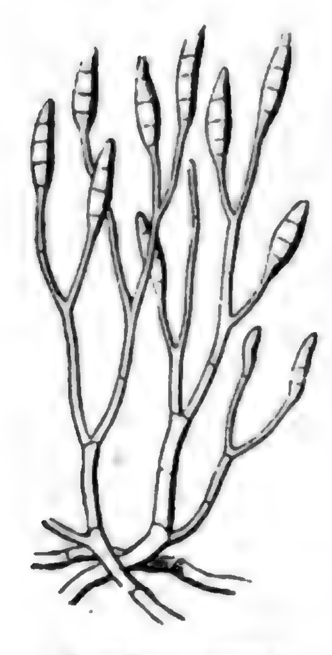
Botrydium: a—c auf verschiedenen Entwickelungs-Stufen. Laminaria esculenta mit Befestigungs-Scheibe. Fucus vesiculosus: mit Sporen-Häufchen am Ende.

Es differenziren sich also zwar die Formen mehr und mehr; Wurzeln und Blatt-ähnliche Theile haben aber noch keine besondre ernährende Funktion, welche noch der ganzen vom Wasser bespülten Oberfläche der Pflanze gleichmäßig angehört; die sogenannte Wurzel dient nur zu ihrer Befestigung, um sie auf ihrem passenden Standorte zu erhalten. Doch hat man in neuester Zeit auch Generations-Organe an mehren Algen wahrgenommen, auf die wir etwas später zurückkommen werden*). — Die Pilze unterscheiden sich nur durch ein mehr flockiges und vergängliches Gewebe schleimiger Zellen-Fäden, die sich über fester Unterlage in feuchter Luft ausbreiten, das soge-

*) Diese Beobachtungen sind zum Theil erst nach begonnenem Drucke unserer Schrift bekannt geworden.

nannte Myzelium (Fig. 25, S. 46), aus welchem sich meist andauerndere, eigenthümlichere und zusammengesetztere, mit einsporigen Zellen versehene Fortpflanzungs-Organe erheben (Fig. 83, 84), daher

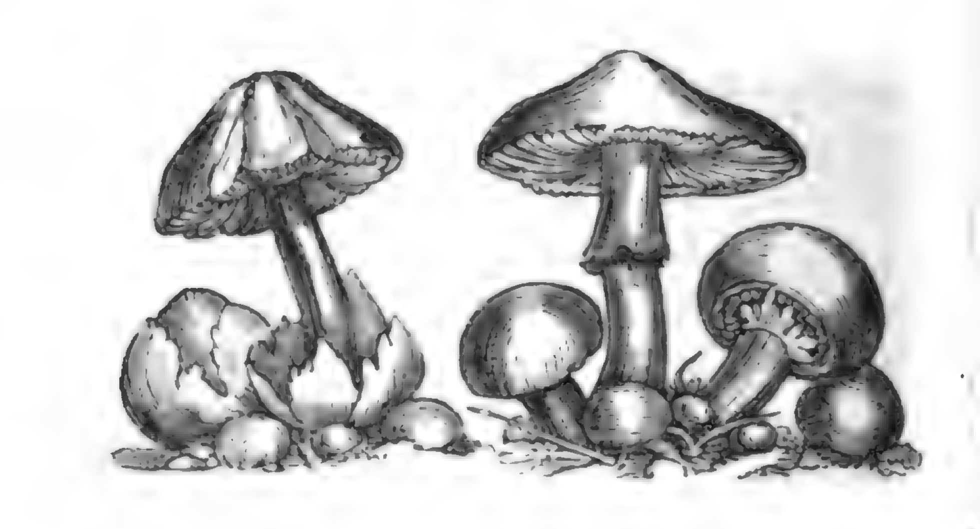
Fig. 83.



Hyphomycetes.



Fig 84.



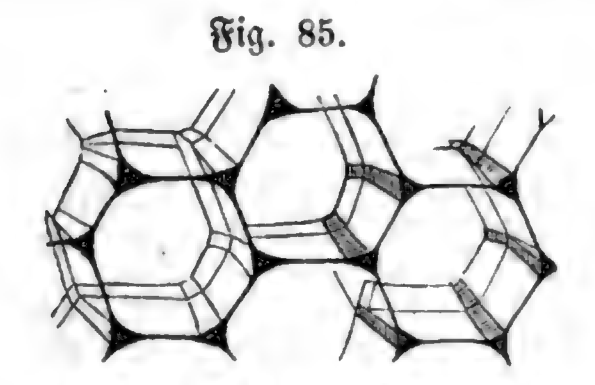
Agaricus.

die zwei Haupt-Funktionen des vegetativen Lebens sich schon mehr differenziren. — Die Flechten endlich (Fig. 26, S. 46), auf trockner und oft vegetabilischer Unterlage entstehend, bilden unregelmäßig rundliche und oft lappige, mitten fest-sitzende, waagrechte Ausbreitungen von weniger vergänglicher Art, aus zweierlei aufeinanderliegenden Zellen-Schichten zusammengesetzt, zwischen welchen öfters noch eine dritte verbindende Zellen-Lage von abweichender Bildung vorkömmt; hier differenzirt sich bereits eine Ober- und Unter-Seite des vegetativen Theiles (Thallus) der Pflanze, die auf ihrer Oberseite die Sporen-tragenden Zellen in Scheiben- und Becher-förmigen Erhebungen hervorbringt. Bis daher ist alles Zellgewebe ein unregelmäßiges aus locker verbundenen, wenig verlängerten und meist dünn-wandigen Zellen, ohne regelmäßiges Parenchym, ohne Prosenchym und ohne lang-gestreckte Zellen und Gefäße. Es sind daher Alles Plantae cellulares De Candolle's und, da sie noch keine Blätter haben, Plantae aphyllae oder Thallophytae (S. 77).

Die Differenzirungs-Aufgabe der nächsten Abtheilung des Pflanzen-Reiches, der kryptogamischen Gefäß-Pflanzen nämlich (S. 77), ist es nun: 1) das bisher konfuse Ernährungs-Geschäft der Pflanze, wo jeder Theil fast Alles für sich selbst besorgte, allmählich bestimmter in seine einzelnen Akte, als Stoff-Aufnahme, Fortleitung, Athmung, Formung und Sekretion zu zerlegen und deren jeden einem

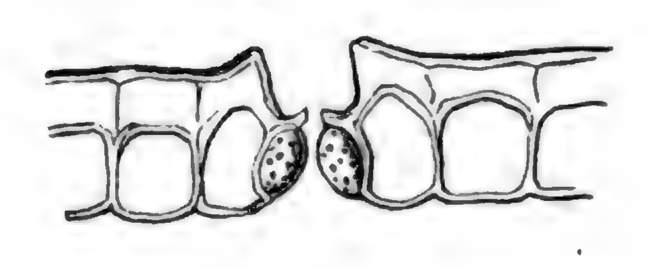
besondern Pflanzen-Theil oder Organe zuzuweisen, welcher diesen Akt für alle besorgt, und 2) die bis jetzt fast nur vegetative individuelle Fortpflanzungs-Weise durch Sporen oder Keim-Zellen zu einer sexuellen, durch Einwirkung freier länglicher Spermatozoid-Zellen auf die Keim-Zelle zu erheben. Dabei wird es aber auch immer nothwendiger, durch solide Befestigung des Untertheiles am Boden den jetzt fast allgemein aus dem Wasser emporsteigenden Pflanzen die Ausbreitung ihres Obertheiles in der Atmosphäre in ausreichendem Grade zu ermöglichen, indem nur in dieser wahre Blätter und vollkommene Fruktifikations-Organe sich entwickeln. Wir sehen daher den bisherigen Thallus sich zuerst in Wurzel und Stengel scheiden, wovon jene die Befestigung und immer mehr zunehmende Stoff-Aneignung von außen übernimmt, dieser als Träger der edleren Organe erscheint, die von den Wurzeln erhaltene Nahrung ihnen zuführt und nach ihrer Veredlung abermals unter alle Theile des Organismus vertheilt; wir sehen ihn selbst in ein fortleitendes Achse- und ein die Athmung vermittelndes Blatt-Gebilde immer weiter auseinander gehen und in den Achseln die Bildung neuer Theile in abgeschlossenen Knospen vorbereiten; wir sehen endlich aus dem einen oder dem andern, doch hauptsächlich durch den Einfluß der letzten, die abgesonderten sexualen Zellen entstehen. Damit aber Wurzel, Stamm und Blätter so verschiedene Funktionen übernehmen können, muß auch ihre Zusammensetzung im Innern, muß die Bildung ihrer bisher noch so einförmigen lockern und rundlichen Zellen (Fig. 21, S. 44) eine mehr und mehr verschiedene werden; die Zellen drängen sich dichter von einander, werden kantig und eckig, nehmen im Parenchym-Gewebe die Form

Fig. 85.



Regelmäßiges Parenchym-Gewebe mit Zwischenzellengängen.

Fig. 86.

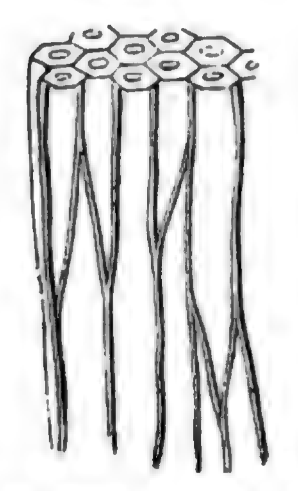


Plattgedrückte Epidermal-Zellen im Vertikal-Schnitt mit einer Spalt-Öffnung und den zwei Schließzellen derselben.

von sechsseitigen Prismen und Dodekaedern mit Zwischenzellengängen längs der Kanten an (Fig. 85), sind dabei platt-gedrückt mit eingestreuten Spalt-Öffnungen an der Oberfläche (Fig. 86), wo es

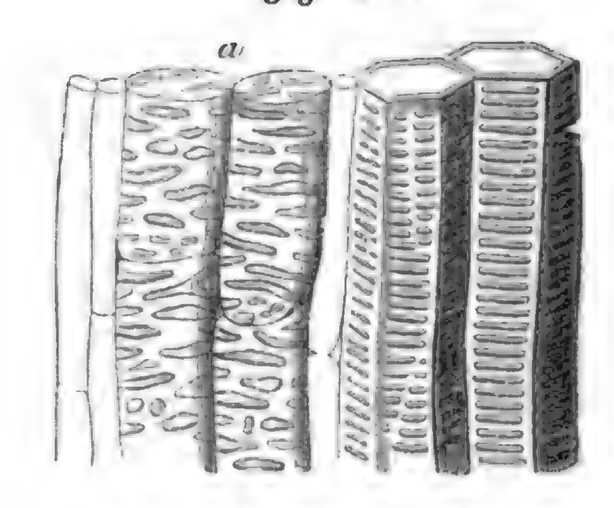
sich darum handelt, die Pflanze nach außen abzuschließen und die Respiration auf bestimmten Wegen zu vermitteln (Epidermis). Eine langgestreckte und endlich, durch Vereinigung mehrer in einer Reihe liegender Zellen, eine Gefäß-Form, wie in den Gefäß- oder Holz-

Fig. 87.



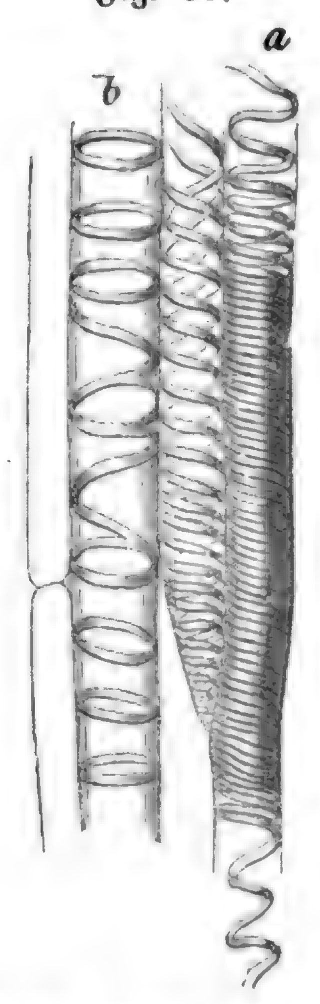
Prosenchym-Gewebe aus langgestreckten Zellen.

Fig. 89.



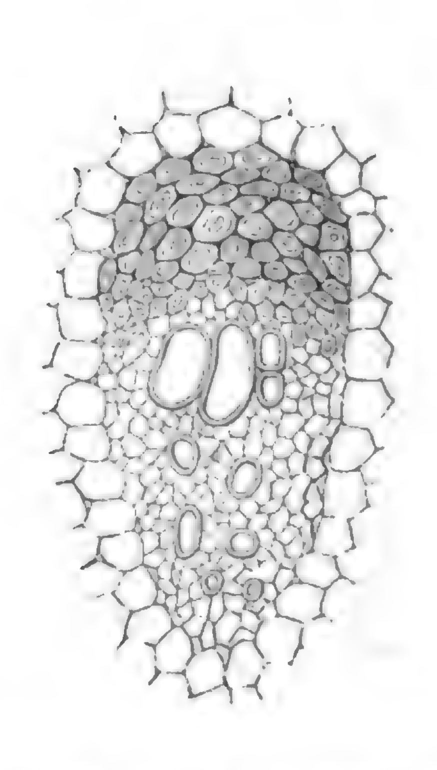
Netz- und Treppen-Gefäße.

Fig. 88.



Ring- und Spiral-Gefäße.

Fig. 90.



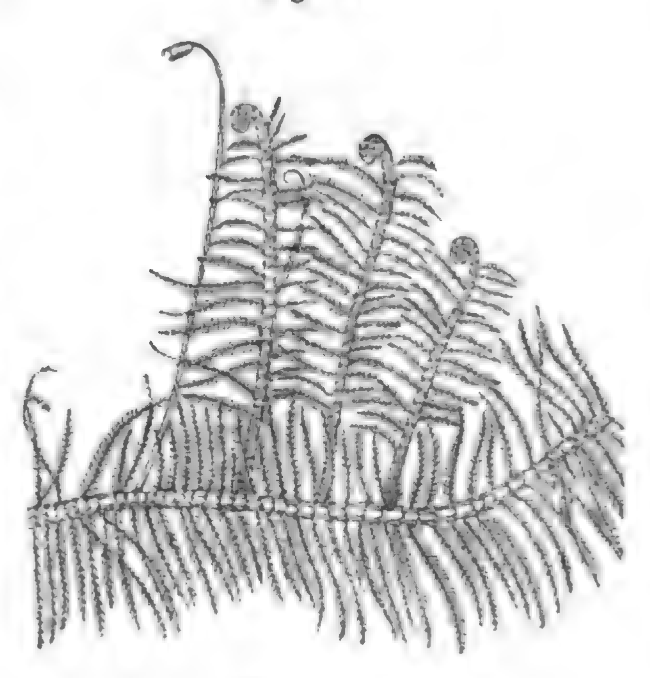
Ein Gefäß- oder Holz-Bündel von Parenchym umgeben, im Queerschnitt; an der innern Seite (hier oben) aus lang-gestreckten Zellen und Gefäßen, außen (hier unten) nur aus lang-gestreckten faserigen Parenchym-Zellen oder Bast gebildet.

Bündeln, erscheint da, wo es sich um raschere Fortleitung der Säfte nach bestimmter Richtung durch zusammenhängende Kanäle im Innern des Stengels und der Blätter (Fig. 87) handelt. Verdicken sich

diese Zellen oder Gefäße durch Anlagerung neuer Wandungs-Schichten von innen, so geschieht Dieß mit solchen Unterbrechungen dieser letzten, daß die sogenannten Ring- und Spiral-Gefäße (Fig. 88), die Netz- und Treppen-Gefäße (Fig. 89) daraus entstehen. Diese die Holz-Bündel im Parenchym (Fig. 90) zusammensetzenden lang-gestreckten und meist dick-wandigen Zellen vermehren überdieß die Härte, Dichte und Zähigkeit des Stengels. Eigenthümliche Sekretionen manchfaltiger Art beginnen in Zellen- und Zwischenzellen-Räumen sich zu bilden. Endosmose, Exosmose und Produktions-Fähigkeit bleibt allen Zellen-Arten eigen, so lange sie lebenskräftig sind. In spätrer Zeit führen die sogenannten Gefäße oft Luft.

Die kryptogamischen Gefäß-Pflanzen bestehen nur aus den vier Klassen der Moose, Lykopodiazeen, Farne und Schafthalme, fast alle mit Stengel, Blättern, oft schon geschlossenen Achsel-Knospen und Verzweigungen versehen. In den Moosen umgeben lang-gezogene Zellen vorerst noch als Vorläufer der Holz-Bündel die Achse und deuten so die erste Scheidung zwischen Mark und Rinde an. In den Lykopodiazeen tritt ein geschlossener Holz-Bündel bereits mit Spiral-Gefäßen in der Achse auf. In den zwei letzten Klassen umgeben zahlreiche und vollständige Gefäß-Bündel Kreis-förmig die Achse und sondern das Mark bereits vollständig, wie bei den Dikotyledonen, von der Rinde; aber alle diese Gefäß-Bündel sind nach Schleiden's Bezeichnungs-Weise immer nur simultane, auf einmal fertig gebildete und keiner weiteren Fortbildung fähige, aus fast gleichartigen Gefäßen mit Spalten-artigen Poren zusammengesetzt. Die Moose (Fig. 91) haben noch keine Wurzel, sondern entwickeln sich aus dem Fäden-förmigen Prothallium; die andern Klassen haben Wurzeln, die aber mit dem unteren Theile des Stengels, wie dieser auch bei den Moosen thut, absterben, während er oben fortwächst und dann gewöhnlich andre Faden-Wurzeln höher oben bildet (Fig. 92). Nur bei den Equisetazeen findet solches Absterben von unten nach oben

Fig. 91.



Hypnum.

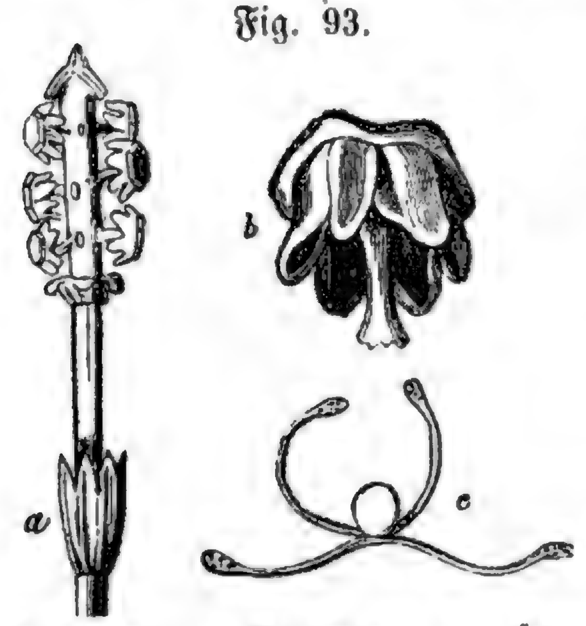
nicht statt: nur bei diesen also erscheinen die Basal-Wurzeln in ihrer bleibenden funktionellen Wichtigkeit. Die Blätter sind bei Moosen und Lykopodiazeen klein, dünn und ganzrandig, sitzend und in verschiedener Stellung, bei letzten mit schwacher von der Stengel-Achse abgesendeter Mittelrippe; bei den Equisetazeen (Fig. 93 a) sogar wieder häutig, doch mit ähnlicher Mittelrippe, wirtelständig und seitlich zu einer trichterförmigen Scheide mit einander verwachsen. Dagegen scheinen die Farne (Fig. 94) bestimmt, die Blätter zu einer Ausbildung zu bringen, welche fast an die höchsten Pflanzen erinnert; sie sind dick, gestielt, die einfachen Blätter und Blättchen mit gewöhnlich unvollkommner Mittelrippe und gabeligen Seiten-Rippen, welche nur zuweilen ein geschlossenes Netzwerk bilden, wie es auch die Gefäß-Bündel im Innern des Stammes thun. Aber wohl nie ist ein Blatt-Stiel gliedartig am Stamme befestigt, daher das Blatt von oben herunter abzusterben pflegt, ohne daß sich die Basis des Stieles vom Stamme löste, wie denn auch die Blätter der Moose und Lykopodiazeen mit dem Stengel gleiche Dauer haben. Die Differenzirung von Stamm und Blatt ist mithin noch sehr unvollkommen. Die kryptogamischen

Fig. 92.



Lycopodium clavatum: a Sporen-Hälter und b Sporen, aus dem Hälter entnommen.

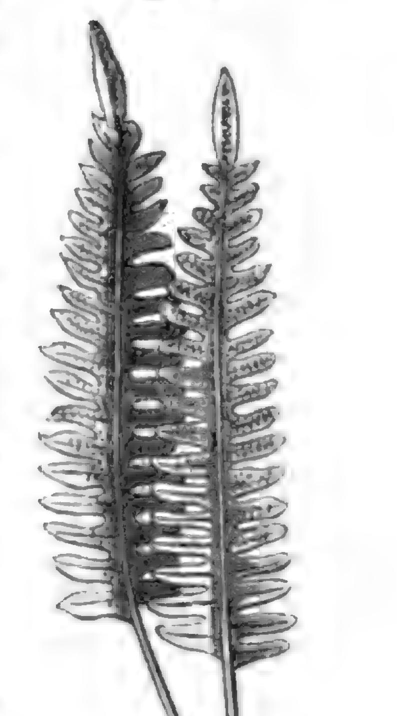
Fig. 93.



Equisetum: a Blattwirtel und Ähre, b Schild-förmige Schuppe daraus, an der Unterseite mit kugeligen Sporen.

Gefäß-Pflanzen liefern fast noch keine ausgezeichneten Sekrete, wie ätherische Öle, Harze, noch sogenannte Lebens-Säfte, da ihnen die zur Bildung derselben nothwendigen Zellen-Formen meist noch fehlen. Alle jedoch bilden in besonderen Sporen-Gehäusen noch Sporen zur individuellen Fortpflanzung neben Geschlechts-Organen aus, auf welche wir später noch zurückkommen werden. Im Ganzen genommen sind sie durch die äußerst ungleiche Entwickelungs-Stufe ihrer Blatt-Organe ausgezeichnet, welche, bei den einen noch unvollkommene Rudimente, bei den andern sich zu einer Ausbildung erheben, welche die der Monokotyledonen und der Gymnospermen weit übersteigt.

Fig. 94.

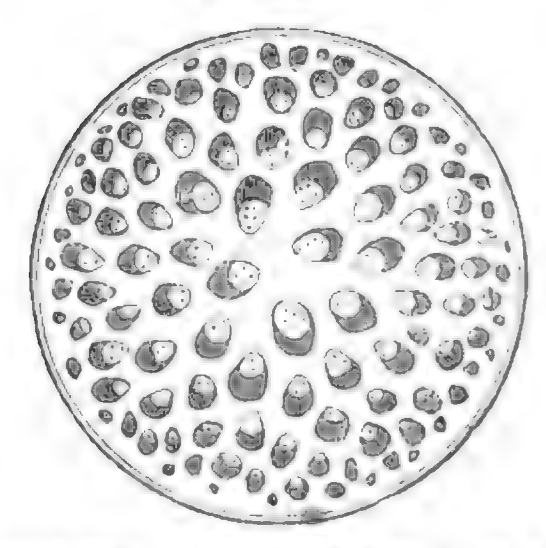


Polypodium vulgare.

Die letzte Haupt-Abtheilung des Pflanzen-Reichs ist die der Phanerogamen. Sie besteht aus Monokotyledonen und aus gymnospermen und angiospermen Dikotyledonen. In ihr steigen Zellgewebe, Wurzel, Stengel und Blätter bis zu ihrer höchsten Entwickelung, obwohl nicht überall gleichen Schrittes mit einander empor. Die Sporen-Bildung ist verschwunden, die sexuelle Fortpflanzung besteht nur noch allein; Vegetation und Generation sind ganz differente Funktionen geworden. Nach Schleiden's Darstellung sind die Gefäß-Bündel der Phanerogamen, im Gegensatze der vorigen „succedane", Anfangs ein zartes Cambial-Gewebe, welches, indem es innen in gestreckte Zellen und Gefäße übergeht, außen fortwächst. Seine Gefäße sind viel manchfaltiger, differenter, und folgen von innen nach außen in solcher Ordnung auf einander, daß die Unterbrechungen oder Lücken zwischen den Verdickungs-Fasern in den Zellen-Wänden immer kleiner und weniger zahlreich werden; nämlich zuerst weitläufig und schmal geringelte Ring-Gefäße, dann weit- und eng-gewundene Spiral-Gefäße und zuletzt poröse Gefäße (Fig. 88—90, S. 168). Bei den Monokotyledonen jedoch, wo die Gefäß-Bündel zerstreut im Parenchym des Stengels stehen (Fig. 95), ist das Wachsthum derselben ein „beschränktes" und dauert deren Fortbildung nicht über die erste Vegetations-Periode (Jahr) hinaus; die Gefäße ordnen sich etwas radial, sind mit lang-gestreckten dick-wandigen Parenchym-Zellen gemengt,

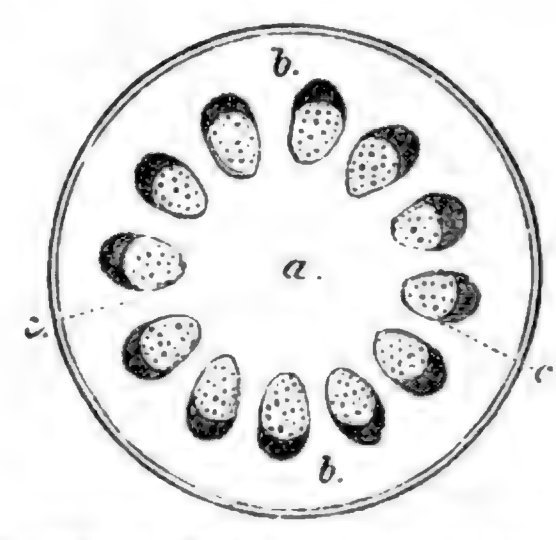
durch dieselben umschlossen und scharf abgegrenzt von dem übrigen dünnwandigen weit-zelligen Parenchyme des Stengels. Nach dem ersten Jahre ist es daher eine Verdickung desselben nicht mehr oder nur noch dadurch möglich, daß sich von der jedesmaligen End-Knospe aus ein Hohlkegel von Gefäßbündel-bildendem Zellgewebe mit seinem Rande über das Gebilde des vorigen Jahres herabzieht: sogenannte Endogenen-Pflanzen. — Bei den Dikotyledonen dagegen sind die Gefäß-Bündel „ungeschlossen" (Fig. 96). Anfangs den vorigen gleich, bringen sie

Fig. 95.



Monokotyledonen-Stamm mit geschlossenen Gefäß-Bündeln, im Queerschnitt;

Fig. 96.



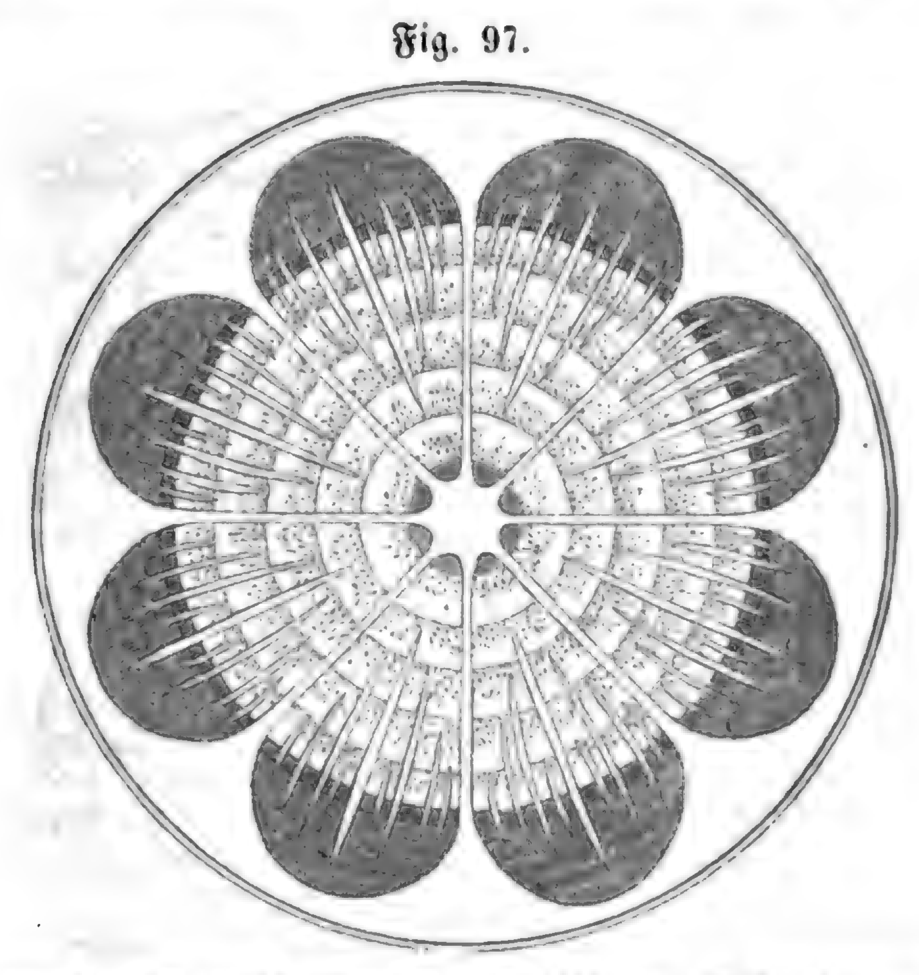
Dikotyledonen-Stamm mit ungeschlossenen Gefäß-Bündeln, im Queerschnitt;

a Mark; b Rinde; c Gefäß-Bündel, dazwischen die Markstrahlen.

immer neue Bildungen in ihrem Innern, und zwar nahe an ihrem nach der äußeren Seite des Stengels gerichteten Rande hervor, bis zu ihrem Absterben. In dem zuerst entstandenen innersten Theile (Fig. 90, S. 168) enthalten sie nur lang-gestreckte Parenchym-Zellen, die nach außen allmählich von Holz- oder Prosenchym-Zellen ersetzt werden, deren beider Enden sich verlängern und spitz zwischen die andern Zellen auf- und ab-wärts eindringen. Die Bündel stehen zugleich in konzentrischen und radialen Linien um die Stengel-Achse und werden durch radiale Parenchym-Leisten (Spiegel-Fasern) von einander getrennt. Die schon erwähnten jährlichen Neubildungen nächst der Außenseite der Bündel sind es ferner, welche die Sonderung des perennirenden Stammes in Jahres-Ringe bewirken, deren innerer Theil aus Holz, der äußere aus Bast (Bastzellen) besteht: sogenannte Exogenen-Pflanzen (Fig. 97). Bei den wenigen gymnospermen Dikotyledonen sind jedoch bemerkenswerther Weise Holz-Zellen und Gefäße noch nicht differenzirt; ihre Holz-Bündel bestehen nur aus langen und gleich weiten Zellen, die an zwei sich entgegenstehenden

den Spiegel-Fasern zugekehrten Seiten mit je 1—8 Reihen sogenannter Poren besetzt sind (Fig. 98). Auch bilden die gymnospermen Cycadeen nicht jährlich einen dünnen, sondern im Ganzen nur 1 bis 3 dicke Holz-Ringe mitten im Parenchym aus. So zeigt sich in der

Fig. 97.



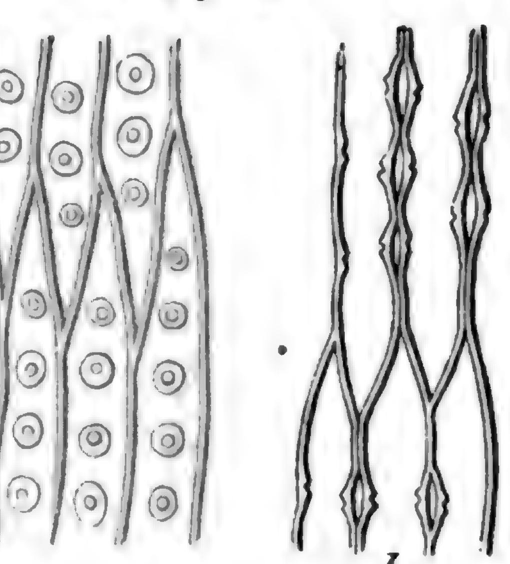
Idealer waagerechter Querschnitt eines sechsjährigen Dikotyledonen-Stammes, innen mit dem Mark, 6 Jahres-Ringen des Holzes und dann des Bastes in den ungeschlossenen Gefäß-Bündeln, dazwischen die Markstrahlen; zu äußerst die Rinde.

Zellen-Bildung dieser gymnospermen Dikotyledonen eine Art Rückfall, eine Indifferenz, wie sie seit den Moosen nicht mehr vorgekommen, obwohl die Entwickelung der Gefäß-Bündel über der der Monokotyledonen steht; eine Ungleichmäßigkeit des Fortschrittes, wie sie uns übrigens da und dort noch manchmal vorkommen wird. Bei Allen übrigen, den angiospermen Dikotyledonen, dagegen findet wieder die größte Manchfaltigkeit der in einem Gefäß-Bündel beisammen stehenden gestreckten Zellen und Gefäße statt (Fig. 99); insbesondre herrschen dick-wandige Prosenchym-Zellen mit mehr und weniger porösen Gefäßen vor. Perennirende Holz-bildende Pflanzen finden sich bei den Monokotyledonen nur in wenigen Familien; die gymnospermen Dikotyledonen bestehen ganz daraus; bei den angiospermen bilden sie allein die ganze Abtheilung der Apetalen, werden aber nach oben hin immer weniger zahlreich. — Auch in den Blatt-Gebilden geht eine höhere Steigerung hauptsächlich durch Differen-

zirung vor sich, obwohl auch hier anfänglich ein Wiederherabsinken der Blatt-Form der Farne zu der der phanerogamen Monokotyledonen eintritt. Das Blatt dieser letzten umfaßt nämlich mit seiner

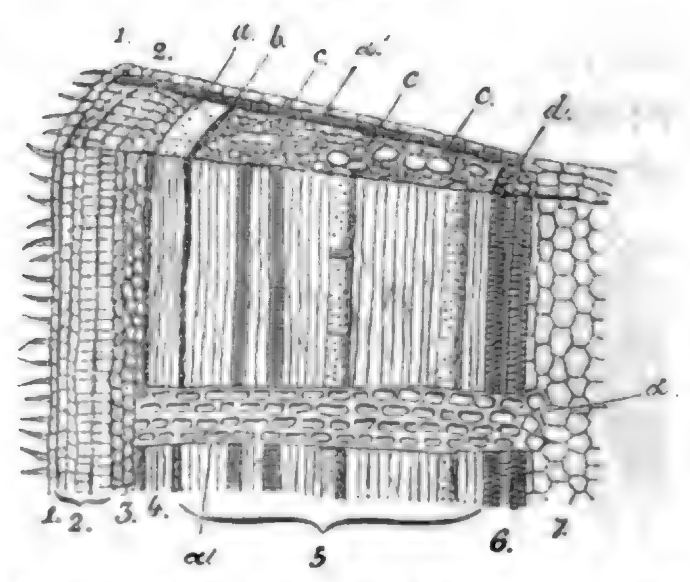


Fig. 98.



Poröse Gefäße oder Zellen von Koniferen: a von der Seite der Mark-Strahlen gesehen, wo die Poren vorhanden, die aber, wie b im Queerschnitte derselben zeigt, nur Linsen-förmige Lücken zwischen zwei benachbarten Zellen sind.

Fig. 99.



Ein vertikaler Radial-Schnitt aus einem Dikotyledonen-Stamme: 1 Epidermis; 2, 3 äußre und innre Rinden-Schicht; 4 Bast; 5, 6 Holzkörper mit lang-gestreckten Zellen, mit porösen, Treppen- und zu innerst (d) mit Spiral-Gefäßen; 7 Mark; α α' Mark-Strahlen; b Cambium; c, d Gefäße.

Basis Scheide-artig, als ob es einfach dessen äußre in Ablösung begriffene Schicht wäre, den Stengel und differenzirt sich gewöhnlich nicht oder nur unvollkommen in Stiel und Lamina. Insbesondre fällt der gewöhnliche Mangel einer deutlich abgesonderten Mittelrippe auf; alle Rippen laufen nämlich einfach von der Blatt-Basis aus fast parallel gegen die Spitze oder den End-Rand zu; eine Differenzirung der Rippen in eine Hauptrippe, Neben- oder Seiten-Verzweigungen, ein Netz-artiges Geäder fehlt den Monokotyledonen fast allen gänzlich (Fig. 100); daher auch getheilte und zusammengesetzte Blätter außer bei den Palmen (Fig. 24, S. 45) nicht vorkommen, wo sie übrigens des parallelen Nerven-Verlaufes wegen oft nur wie zufällig zerschlitzt und Anfangs unter sich und mit ihrer Spindel verwebt sind. Nur bei den Dikotyledonen zeigen sich die gestielten, mittelrippigen, Netz-aderigen, einfachen (Fig. 101) oder lappig getheilten (Fig. 102) und zusammengesetzten, oft selbst gegliederten (Fig. 103) Blätter in ihrer ganzen Entfaltung.

Man kann den ganzen Wachsthums- und (noch zu beschreibenden) Verjüngungs-Kreislauf der meisten Pflanzen überhaupt als eine Art des zuerst bei den Thieren wahrgenommenen Generations-

Wechsels betrachten, wo das aus dem wirklichen Saamen hervorgegangene Pflänzchen sich zuerst ein oder einige Jahre lang vegetativ durch gewöhnliche schuppige End- und Achsel-Knospen fortpflanzt,

Fig. 100.



Zingiber officinale (Monokotyledone).

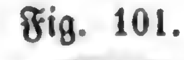
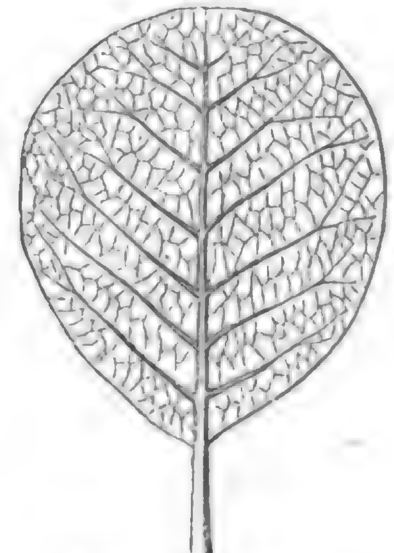


Fig. 101.



Einfaches Blatt.

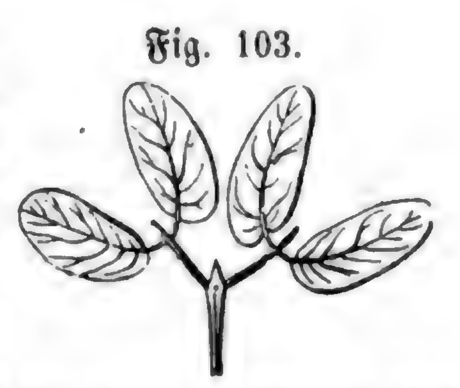
Fig. 102.



Getheiltes Blatt.

wobei dann jeder neue Knospen- oder etwa Jahres-Trieb ein neues ungeschlechtlich erzeugtes und mit der Mutter-Pflanze in Verbindung bleibendes Individuum repräsentirt, bis aus diesen endlich auch mit Geschlechts-Organen (Blüthen) versehene Individuen hervor-wachsen, ganz analog dem geschlechtlich erzeugten Taenia-Kopf (Fig. 48, S. 72), welcher, selbst geschlechtlos, durch Knospung geschlechtliche Bandwurm-Glieder hervorbringt, doch mit dem die beiden organischen Reiche charakterisirenden Unterschiede, daß bei den Pflanzen die jüngsten Sprossen stets die äußersten sind (S. 54, 67, 68), während bei den Tänien solche sämmtlich unmittelbar am Geschlecht-

Fig. 103.



Gegliedert zusammengesetztes Blatt.

losen Kopfe hervorkommen, so daß die zuerst gebildeten ältesten durch die später zwischen beiden entstehenden jüngeren immer weiter vom Kopfe weggerückt werden und im Maaße dieser Fortrückung ihre Genitalien immer weiter ausbilden. Auch die Stolonen-Bildung, das Wurzelschlagen der Knospen hängender Zweige mancher Baum-Arten im Boden (Mangle ɪc.), die Vermehrung des Lauches durch abfallende Zwiebelchen, die aus unbefruchteten Ovarial-Knospen entstehen, und eine Reihe andrer Erscheinungen würde sich für jene Ansicht anführen lassen und zugleich als Belege dienen können, in wie manchfaltigen Formen der Generations-Wechsel auch im Pflanzen-Reiche auftrete. Hofmeister u. A. haben ihn als solchen nur bei den Gefäß-Kryptogamen aufgefaßt, wo die geschlechtlich erzeugte mit der aus Sporen entstandenen Pflanze in Verbindung bleibt, der geschlechtlose Keim oder die Spore aber sich von ihrer Mutterpflanze trennt, während bei den phanerogamischen Gefäßpflanzen umgekehrt der geschlechtlose Keim gewöhnlich als beschuppte Knospe mit der Mutterpflanze verbunden bleibt und die geschlechtlich erzeugte Knospe, der Saame, sich trennt. Indessen kommen bekanntlich auch hier Fälle vor, wo der Saame noch in der an der Mutter-Pflanze hängenden Fruchtkapsel wieder zu keimen beginnt. Wir werden auf die zuletzt erwähnte Form des Generations-Wechsels bei den kryptogamischen Gefäßpflanzen unten etwas ausführlicher zurückkommen, wenn die Reihe uns zu ihnen führt.

B) Auch das Generations-Geschäft, die Entwickelung der Blüthen und Früchte, stellt sich uns als ein von Stufe zu Stufe fortschreitender Differenzirungs-Prozeß dar. Bei den Thallophyten hat die Fortpflanzungs-Weise lange Zeit nur als eine rein vegetative Funktion gegolten. Man sah leicht bewegliche Algen, Wasser-Fäden, aus einer Zellen-Reihe bestehend (etwa wie Fig. 79 ᵈ, S. 164) sich einander nähern, sich mit Zelle an Zelle aneinander lagern, Membran und Inhalt der zwei aneinander liegenden Zellen zusammenschmelzen, aus welchem Konjugations-Processe dann neue Individuen hervorgehen, obwohl die zwei konjugirten Zellen innerlich wie äußerlich in nichts von einander verschieden sind. Man sah in gewissen durch Lage und oft auch durch Form ausgezeichneten Zellen andrer Algen einzeln entwickelte oder angehäufte Sporen durch freiwillige Öffnung der sie erzeugenden Mutterzelle frei werden und von Wimpern bewegt als Schwärm-Sporen oder Gonidien umherirren, bis sie sich irgendwo festsetzen und zu neuen Individuen

entwickeln. Bei Pilzen und Flechten rücken die Mutterzellen der Sporen an gewissen Stellen der Pflanze zusammen und bilden dort eigene Sporen-Lager (die Flechten-Apothecien, Fig. 104) und Sporen-Stände

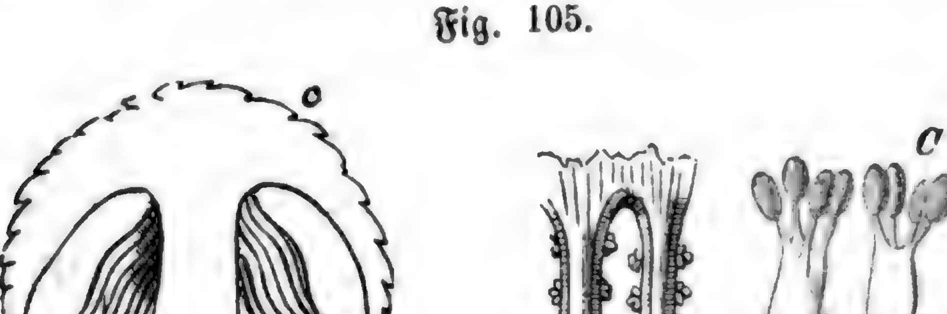
Fig. 104.

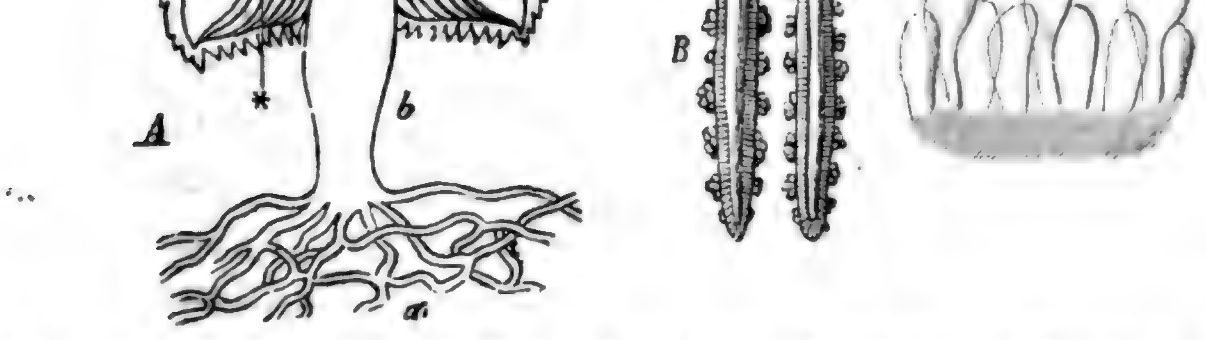


a Parmelia mit gestielten Schüssel-förmigen Apothecien, deren obre Scheibe von der Schlauch-Schicht (b, oben) gebildet wird, die aus Sporen-tragenden Schläuchen und Faden-Zellen (in c noch mehr vergrößert) besteht.

(die Pilz-Hüte, Fig. 105 c), die sich von der eigentlichen Pflanze, dem Thallus und dem Myzelium (Fig. 105 a), schon sehr unterscheiden. — Indessen haben, von einigen älteren Angaben abgesehen,

Fig. 105.





A Agaricus, a Thallus oder Myzelium, b c geöffneter Sporen-Stand aus Strunk und Hut, wovon der letzte c unten in radiale Lamellen * getheilt ist, die mit der Keim-Haut (Hymenium) überzogen sind, zwischen deren Zellen sich einzelne größre erheben (2 Lamellen vergrößert bei B), aus welchen sich zuletzt je vier gestielte Sporen (C) entwickeln.

Decaisne, Thuret, Derbès, Pringsheim, F. Cohn und mehre Andere gefunden, daß bei manchen See-Tangen und Süßwasser-Algen (Oedogonium, Vaucheria, Sphaeroplea u. a.) Sporen-Hälter von männlicher und weiblicher Art vorkommen*). Diese

*) Die Arbeiten von F. Cohn und Pringsheim sind aus den Berliner Monatsberichten und andern deutschen Quellen auch ins Französische übertragen

ersten oder die Spermatocytien enthalten unmittelbar oder in auszustoßenden Bläschen eingeschlossen kleine Stäbchen-förmige, mit zwei langen Wimperhaaren oder mit einem Wimpern-Kranze versehene Körperchen (Mikrogonidien, Spermatozoidien), welche durch entstandene Öffnungen ins Freie treten, sich im Wasser umherbewegen, allmählich die weiblichen Zellen oder Sporocytien aufsuchen, sich an eine oder mehre Öffnungen oder Mikropylen derselben anlegen oder zahlreich durch solche ins Innere eindringen und dann durch Entleerung ihres Inhaltes die darin vorhandenen Sporen (Makrogonidien Al. Braun's) befruchten, welche sich hierauf in neue Individuen auszubilden vermögen. Diese erste geschlechtliche Fortpflanzungs-Weise erheischt daher noch nichts weiter als befruchtende Saamen- und befruchtbare Sporen-Zellen, ohne individuell abgesonderte Behälter derselben, ohne Antheren und Eier, geschweige denn vollständige Blüthen und Früchte; aber es ist mit ihr bei den Wasser-Pflanzen, wie es scheint, eine Beweglichkeit, eine Wahl und Willkühr der spermatoidischen Zellchen vorhanden, welche in Erstaunen setzet und einer klareren Deutung erst noch bedarf. — Auch bei den Thallophyten des Landes sind Andeutungen eines zweigeschlechtigen Verhältnisses vorhanden, welches aber in Ermangelung eines vermittelnden Mediums, worin die Spermatozoidien willkührlich herumschwimmen könnten, einer anderen Modifikation unterliegen muß. Freilich kennt man die geschlechtlichen Fortpflanzungs-Organe selbst bei vielen Algen noch nicht; doch ist an ihrer späteren Auffindung kaum zu zweifeln, und da, wo sie bereits bekannt sind, scheinen sie mit der geschlechtlosen Verjüngung zusammen einen Generations-Wechsel zu bilden, vielleicht in ähnlicher Weise, wie wir ihn sogleich bei der nächsten Abtheilung des Pflanzen-Systemes werden kennen lernen.

Radlkofer und Hofmeister faßten den neuesten Stand der Erfahrungen über die Generation der Pflanzen in folgender Weise zusammen*). Bei allen Pflanzen-Gruppen, mit Ausnahme der Pilze und Flechten, sind jetzt Analoge des thierischen Eies und der

---

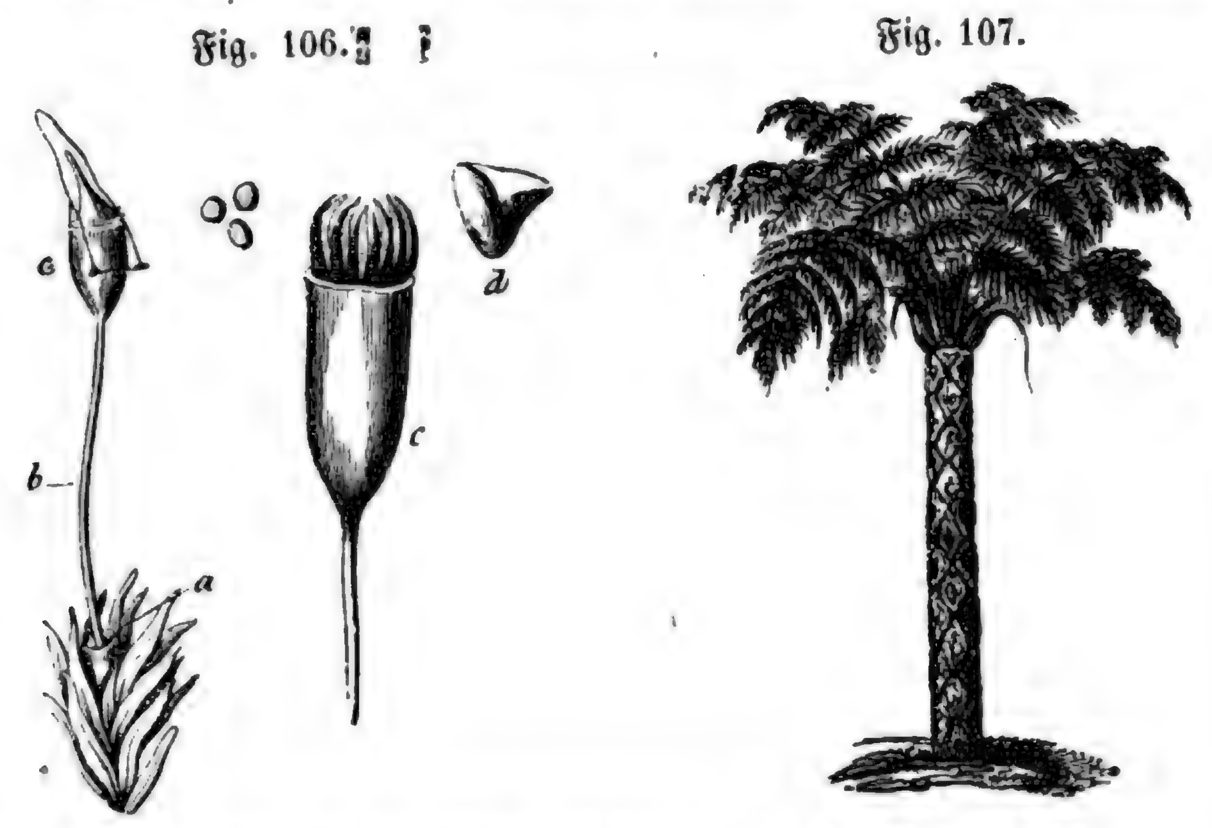
und mit Abbildungen begleitet worden. In den Annales des sciences naturelles, 1856, [4], V, 200—219, 220—249, findet man eine ausführliche Zusammenstellung ihrer Arbeiten mit einem Theile der Arbeiten von Derbès.

*) Radlkofer in v. Siebold und A. Kölliker's Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie, 1857, VIII, 458 ff.; — Hofmeister in den Münchner Gelehrt. Anzeigen, 1856, Bülletin, 51—62.

thierischen Befruchtung bekannt; dem Ei entspricht in den kryptogamischen Gefäß-Pflanzen die primordiale Sporen-Zelle der Algen und das Keim-Bläschen der Moose und der Phanerogamen. Dieses Keim-Bläschen (Pflanzen-Ei) stellt sich als vollkommene mit Membran und Cytoblast versehene Zelle dar; bei den Algen aber finden wir statt der vollkommnen Zelle eine Membran-lose, ein Ei ohne Ei-Haut, die nackte primordiale Sporen-Zelle. Wie in der Saamen-Flüssigkeit der Thiere, so sind auch bei den Algen, Moosen und kryptogamischen Gefäß-Pflanzen die selbst-bewegten Form-Elemente (Spermatozoidien) das befruchtende Element; sie fehlen nur bei einigen Algen und bei allen Phanerogamen, wo also die Befruchtungs-Flüssigkeit selbst als Befruchtungs-Stoff erscheint. Wie im Thier-Reiche so muß auch im Pflanzen-Reiche der Befruchtungs-Stoff in unmittelbare Berührung mit dem Inhalte des Eies treten. Das zu befruchtende Ei oder Keim-Bläschen ist bei den Phanerogamen in einer großen Zelle, dem sogenannten Embryo-Sacke enthalten, welcher selbst das Zentrum eines zelligen Organes, der Saamen-Knospe (der Gemmula, uneigentlich Ovulum genannt) bildet, die dann zur Zeit der Reife zum Saamen wird. Sie wird vom Frucht-knoten beherbergt, worin sie in mehrfacher Anzahl vorhanden zu sein pflegt. Der Befruchtungs-Stoff bildet den Inhalt isolirter Zellen, des Pollens. Gelangt ein solches Pollen-Korn bei jenen Pflanzen auf die Narbe, so sendet es aus seinem inneren Schlauche Fortsätze bis zum Embryo-Sack hinunter, um ihn durch exosmotische Mittheilung seines Inhaltes und ohne Benutzung der etwa vorhandenen Mikropyle zu befruchten, während bei den kryptogamischen Gefäß-Pflanzen oder wenigstens den Algen die Befruchtung in dem materiellen Zusammenschmelzen des Spermatozoids mit der Inhalts-Masse der Mutterzelle besteht, in welche sie durch ein vorgefundenes Loch eintritt. Aber gerade so wie von Siebold neulich einige Fälle von fruchtbarer Embryo-Bildung ohne Befruchtung bei Insekten nachgewiesen, so sind jetzt auch einige Fälle bei Pflanzen (Coelebogyne, Mercurialis, Cannabis) beobachtet und nicht mehr zu bezweifeln. Doch wenden wir uns wieder zur speziellen Betrachtung des Generations-Wechsels bei den kryptogamischen Gefäß-Pflanzen und dann zur Generations-Weise der Phanerogamen.

Die kryptogamischen Gefäß-Pflanzen mit Einschluß der Moose (Fig. 106—108) besitzen neben der wirklichen Sporen-Bildung bereits geschlechtliche Fortpflanzung in der Weise, daß jede Pflanze

sich, wie beim Generations-Wechsel der Thiere, in der Jugend auf vegetativem und im reiferen Alter auf generativem Wege verjüngt, so daß geschlechtliche und geschlechtlose Generation in stetem Kreis-

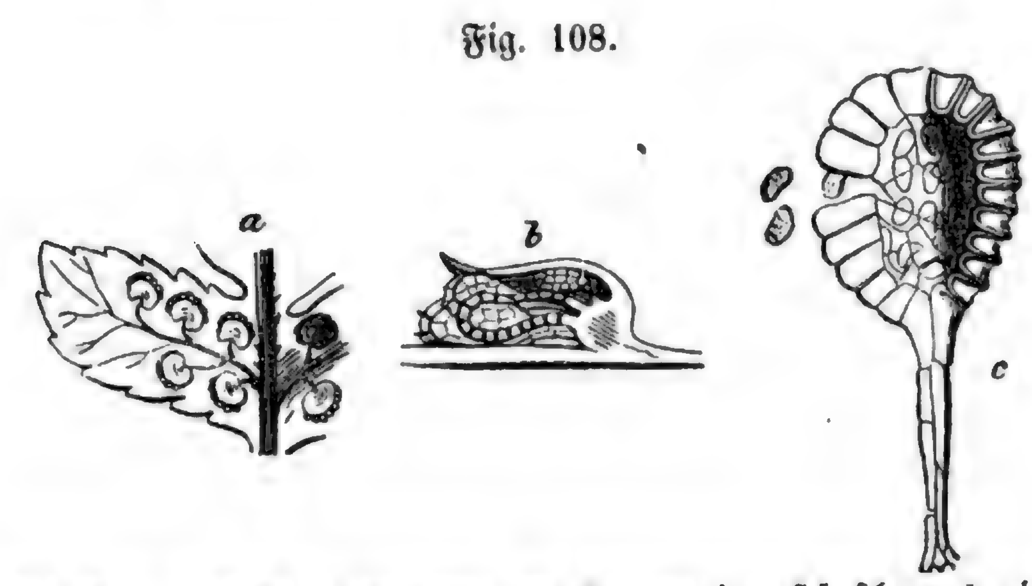


Weiblicher Moos-Zweig mit einer Frucht-Scheide am Ende; b der Büchsen-Stiel; c die sogenannte Sporen-Frucht oder Büchse mit gezähntem Peristom, worüber Anfangs d die Mütze sitzt. Dabei drei einzellige Keim-Körner.

Ein Baum-Farn.

laufe auseinander hervorgehen. Doch wird es hier genügen, außer dem allgemeinen Bilde die Einzelnheiten des Verhaltens nur bei einer oder der andern mehr bekannten Klasse derselben etwas näher

Fig. 108.



a Blatt-Stück eines Farn's (Aspidium) mit Sporangien-Häufchen; b ein einzelnes Sporangium daraus im Längsschnitte und mehr vergrößert; c ein Sporangium und Sporen daneben.

zu beleuchten. Auf dem kleinen Lebermoos-artigen sogenannten Vorkeime der Farne oder zwischen den Blättchen am Ende eines

gewöhnlichen Moos-Zweiges (welcher jenem Vorkeime entspricht) erscheinen einzelne Zellen oder Zellen-Häufchen, Antheridien; diese Zellen, einen Spiral-Faden oder Saamen-Faden in sich entwickelnd, trennen sich von der übrigen Zellen-Masse ab, indem sie verstäuben. So gelangen sie gelegentlich in die Mündung eines kugeligen oder Flaschen-förmigen Raumes, des Archegoniums, welcher sich in der Nähe auf demselben (oder einem andern) Pflänzchen befinden. In der Mitte desselben liegt (bei den Farnen) eine Zelle, welche hierdurch befruchtet wird und dann zur geschlechtlosen Pflanze erwächst, die nur Sporen hervorbringt, aus welcher dann Geschlechts-Pflanzen entstehen. Aber bald ist das Leben dieser letzten nur kurz, indem sich die ganze Funktion des kleinen Kraut-artigen und vergänglichen Prothalliums auf die Bildung von Antheridien und Archegonien beschränkt, aus welchen dann die ausdauernde und in Tropen-Gegenden sogar oft üppig-baumartige Sporen-Pflanze erwächst, die wir gewöhnlich mit dem Namen Farn benennen (Fig. 94, S. 171; Fig. 107, 108, S. 180); — bald ist (bei den Moosen, Fig. 106) umgekehrt einer aus der Spore hervorsprossenden perennirenden Nachkommenschaft die ganze generative und vegetative Thätigkeit zugleich zugewiesen, während der im Archegonium (Theca, Moos-Kapsel) entstandenen ausschließlich nur die Sporen-Bildung obliegt. Mehr und weniger erhebliche Modifikationen dieses Vorganges sind ferner bei den Lykopodiazeen (Fig. 92, S. 170), Equisetazeen (Fig. 93, S. 170), Rhizocarpeen und Charazeen bekannt, wo sie früher freilich anders gedeutet worden sind. Aber auch hier kommen freie gestielte Saamenstaub-Beutel und selbstständige Eier oder gar konzentrirt ausgebildete Blüthen und Früchte noch nirgend vor. Diese treten, von den Stengelblatt-Gebilden in Form und Zusammensetzung sehr differenzirt, erst bei den monokotyledonischen Phanerogamen auf, wo ein Kreis von drei oder sechs gestielten und meistens zweifächerigen Antheren voll Saamenstaub ein zentrales freies und vollständiges Ovarium mit Klappen Saamenträgern und Saamen umgiebt und von einem gewöhnlich doppelten Perigonium, einem zweifachen Kreise Blatt-artiger Organe umgeben wird, welche dem Kelch und der Blumenkrone der Dikotyledonen analog, doch noch nicht oder kaum von einander differenzirt erscheinen. Bemerkenswerth ist es freilich, daß bei den unvollkommnen Gruppen der Dikotyledonen das halbe

---

*) Hofmeister über die Befruchtung der Kryptogamen, 1851.

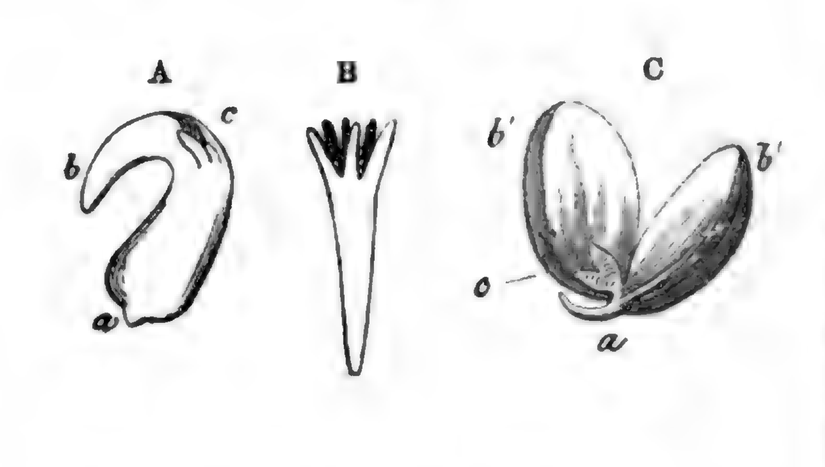
oder das ganze Perianthium öfter als bei den Monokotyledonen fehlt. Sonst aber ist die Blüthe und die Fruktifikation der phanerogamen Monokotyledonen von der der Dikotyledonen nur dadurch verschieden, daß dort in den Blüthe-Theilen die Zahl Drei (Fig. 109), hier die Zahlen Fünf (Fig. 27, S. 47) und Vier mit ihren Vielfachen, allerdings mit manchen Ausnahmen, herrschen, und daß die

Fig. 109.



Luzula-Blüthe, dreizählig.

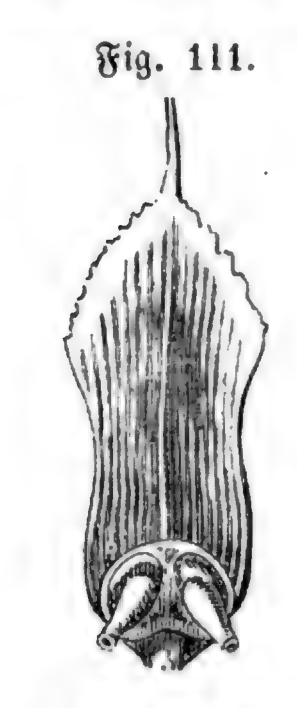
Fig. 110.



Embryonen mit a einem, b vielen und c zwei Kotyledonen.

sämmtlichen Embryonen dort, wie die Namen ausdrücken, nur einen, hier aber zwei Saamenlappen besitzen (Fig. 110). Unter den angiospermen Dikotyledonen bleibt jedoch ein Theil der Amentazeen in der Blüthe-Bildung sogar hinter den Monokotyledonen zurück. In weit höherem Grade und manchfacheren Beziehungen thun Dieß aber wieder die gymnospermen Dikotyledonen, wie es mit ihrer Zellen- und zum Theile wenigstens Blatt-Bildung der Fall gewesen, so daß sie sich unmittelbar an die kryptogamischen Gefäß-Pflanzen anreihen, insofern die Blüthen-, Antheren-, Ovarien- und Frucht-Bildungen weit unvollkommner als bei allen übrigen Phanerogamen sind: ihre Blüthen ohne Perianthium, ihre 2- — 3- und mehrfächerigen Antheren Büschel-förmig verwachsen, die Ei'chen oft nur an Blatt-Schuppen befestigt, die reifen Saamen ganz oder halb ohne Frucht-Hülle (Fig. 111). Die Embryonen zuweilen mit vielen Saamen-Lappen (Fig. 110 b, über deren Bedeutung später). Fast

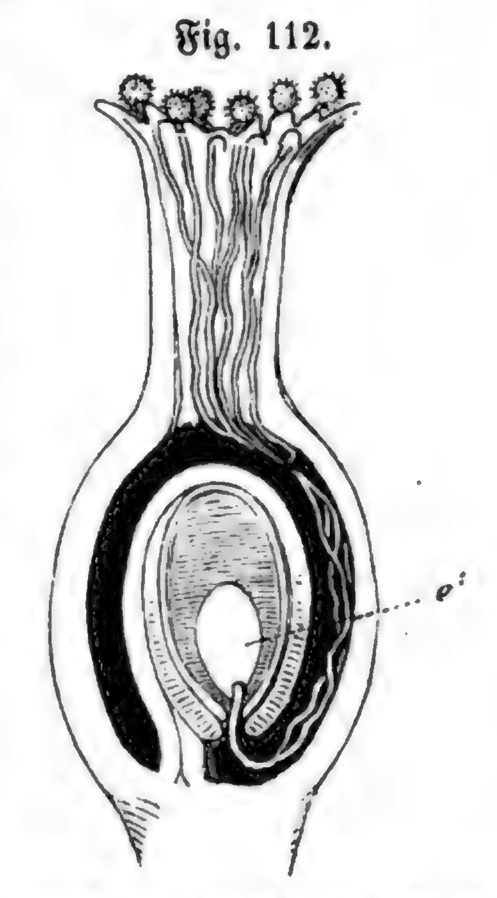
Fig. 111.



Pinus: Zapfen-Schuppe mit zwei nackten umgekehrten Eichen an deren innrem Grunde.

alle diese allmählichen Veränderungen bis zu den vollkommensten Pflanzen hinauf lassen sich auf eine fortschreitende Differenzirung des anfänglichen Thallus mit seinen einförmigen Zellen-Sporen zurückführen, welche, indem sie selbst an Manchfaltigkeit der Bildung zunehmen, auch stets verschiedenartigere und in Form und Funktion von einander unabhängigere Organe zusammensetzen; — zum Theil werden diese Veränderungen aber noch Gegenstand unsrer späteren Betrachtungen sein. Hier haben wir nur noch das Wesentliche des Befruchtungs-Aktes ausführlicher hervorzuheben und des monözischen und diözischen GeschlechtsVerhältnisses dem hermaphroditischen gegenüber zu gedenken. Die Befruchtung, der höchste Lebens-Akt, zu welchem sich die Vegetabilien erheben, beruhet bei allen Monokotyledonen und Dikotyledonen darauf, daß wenigstens eines der in der Anthere entwickelten Pollen-Körner beim Verstäuben auf der Narbe des Pistills in Berührung mit der schleimigen Flüssigkeit derselben gelange; hierauf quillt sofort die innre Haut des Kornes mächtig an, treibt durch die Poren der äußern Haut 1 bis 20 Faden-förmige Schläuche hervor (welche bis 100 mal die Länge des Kornes erreichen können). Diese senken sich sogleich zwischen dem Zellgewebe in der Achse des Griffels bis zur Basis der in der Fruchtknoten-Höhle aufgehängten Ei'chen hinab, um ihren Inhalt in den Embryo-Sack des sogenannten Eies endosmotisch zu entleeren. Ein solches Minimum von Einwirkung genügt vollkommen zur Befruchtung eines Ei'chens, nach welcher der obre Theil der Schläuche von dem Pollen-Korn auf der Narbe an abwärts bald abzusterben pflegt, außer wo sich der Embryo ohne Befruchtung entwickelt (Fig. 112). — Was die Diklinie der Geschlechter betrifft, so ist dieselbe hier, im Gegensatze zum Thier-Reiche, ein mehr ausnahmsweises Verhältniß und weit mehr ein Attribut der unvollkommneren als der vollkommneren Gewächse in jeder Haupt-Abtheilung des Pflanzen-Reiches; und Dieß zweifelsohne aus dem Grunde, weil unter den Pflanzen dasjenige Individuum und die-

Fig. 112.



Ein Pistill mit vielen auf der Narbe liegenden Pollenkörnern, die ihre Schläuche durch den Griffel herabsenden. Einer dringt in das Ei'chen ein.

jenige Blüthe die vollkommenste ist, welche sich selbst genügen kann, während dagegen die höchste geistige Entwickelung des Thieres nur bei Differenzirung des Geschlechtes in verschiedenen Individuen jeder Art möglich ist. Die meisten Monöcisten und Diöcisten kommen bei den Koniferen und Amentazeen, also an der untren Grenze der Dikotyledonen-Pflanzen vor, deren Typus sie in der aufsteigenden Linie auf sehr unvollkommner Stufe zu eröffnen berufen sind.

Versuchen wir aber von dieser Betrachtung der Organisations-Verhältnisse der Kreise des Pflanzen-Systemes mehr ins Einzelne einzugehen, so finden wir in der Differenzirung der Organe keinen bedeutenden weiteren Anhalt mehr für die nächsten Unterabtheilungen, die Klassen und Ordnungen; sie bietet uns nur Gegensätze zwischen einzelnen Familien, aber keine Mittel mehr, diese Familien nach den Differenzirungs-Stufen ihrer Organe durch einen größeren Theil des Systemes hin nach irgend einem Principe aneinander zu reihen; sie steht nicht mehr weiter in Verbindung und Parallele mit andern erheblichen Merkmalen; sie lehrt uns nicht mehr, welche Familien eine im Ganzen höhere oder tiefere Stelle in der Reihe einnehmen. Wir bemerken zwar, daß im Allgemeinen genommen die verschiedenen Zyklen der Blüthen-Organe, der Kelch, die Krone, die Staubgefäße, und daß an diesen letzten wieder die Träger und die Antheren sich bei den Gamopetalen im Allgemeinen mehr als bei den Polypetalen (und gar bei den Apetalen) durch Form, Textur, Farbe u. s. w. von einander unterscheiden. Niemand zaudert, die Masse der Apetalen unter die zwei anderen Abtheilungen zu stellen; über die Polypetalen läßt sich wenigstens sagen, daß es unter ihnen weit mehr einzelne eingestreute apetale Sippen und Familien gebe, als unter den Gamopetalen, daher sie der Haupt-Abtheilung der Apetalen näher und mithin gegen die Gamopetalen tiefer stehen. Ferner sind bei den polypetalen Magnoliazeen die zahlreichen Staubgefäße oft noch ganz Kronenblatt-artig, und bei den Linden, Rosazeen und Ranunculazeen, Nymphazeen u. s. w. wandeln sie sich leicht in Kronen-Blätter um. Bei den gamopetalen Labiaten, Synanthereen, Ericazeen u. a. ist dagegen ein weit tieferer Unterschied nicht nur zwischen Antheren und Trägern, sondern auch zwischen Staubgefäßen und andern Blumen-Theilen, so daß jene Übergänge nicht leicht vorkommen können. Ferner sind die unregelmäßigen Blüthen mit differenzirten Kelch- oder Kronen-Blättern unter den Polypetalen verhältnißmäßig viel seltener (Papilionazeen,

schon zur Gamopetalie neigend), als bei den Gamopetalen mit ihren Labiaten, theilweise Synanthereen u. s. w.; — obwohl diese letzten Differenzirungen der verschiedenen Kelch- oder Kronen-Elemente unter sich nicht allzustark ins Gewicht fallen, da sie fast bloß formell und nicht funktionell sind. So würden also, in Ermangelung gewichtigerer Motive, die Monokotyledonen sowohl als die Dikotyledonen mit aufsteigender Ordnung in Apetale, Polypetale und Gamopetale eingetheilt werden können, eine Ordnungs-Weise, welcher später noch andre Gründe zu Hülfe kommen werden. Über die verschiedene Insertions-Weise der Staubgefäße haben wir an einem andern Orte gesprochen (S. 87) und hier etwa nochmals anzuführen, daß die Gamopetalen vorzugsweise epigyn sind.

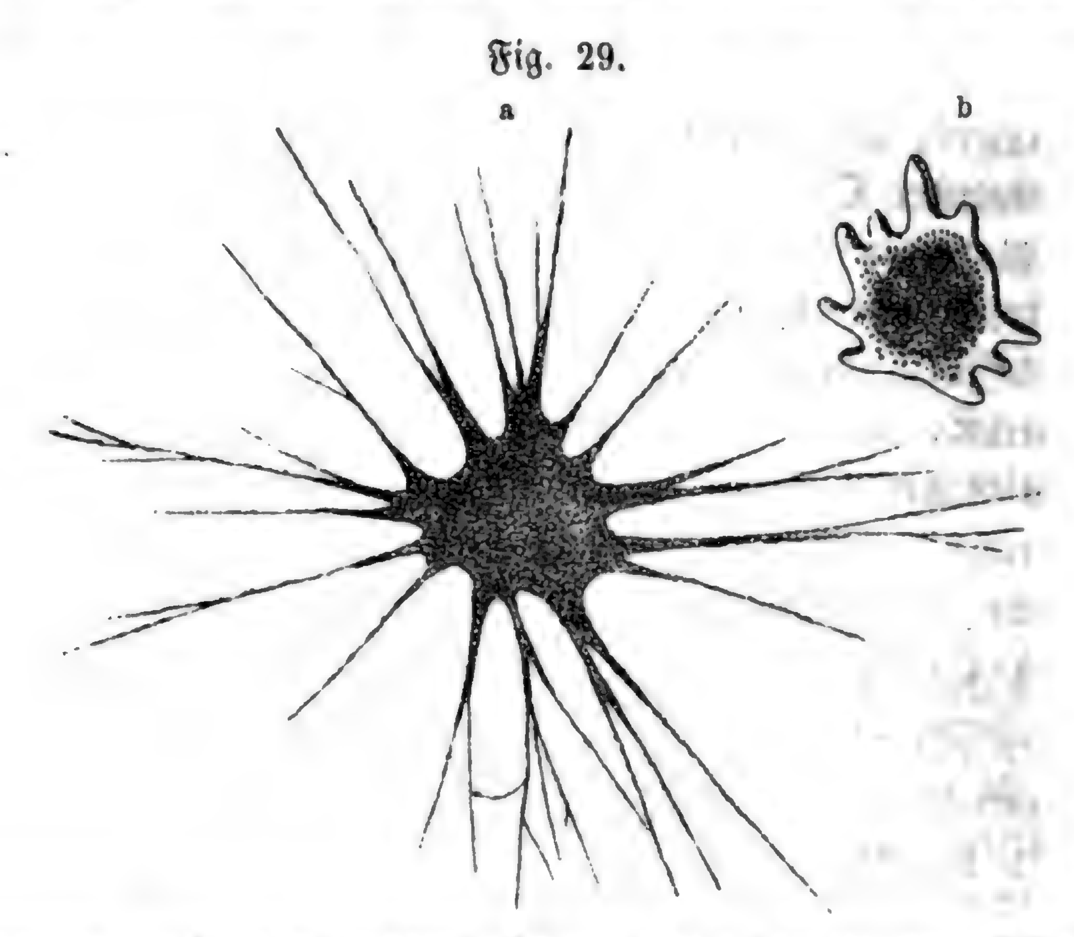
3) Bei den Thieren insbesondre.

Wir haben S. 52 die Spongien, die Polycystinen und die Rhizopoden als die untersten Stufen, als die Anfänge des Systemes unzweifelhafter Thier-Wesen bezeichnet und sie im Allgemeinen zunächst in der Absicht beschrieben um zu zeigen, daß sie theils gar keine feste regelmäßige Form besitzen und theils die Polymorphie ihrer einzelnen Familien und Sippen das Herausfinden einer gemeinsamen Grundform unmöglich mache. Unsere dort gegebene Beschreibung genügt auch so weit, um jetzt eine nochmalige Nachweisung des höchsten Indifferenz-Zustandes der Organisation bei Spongiarien und Polycystinen unnöthig zu machen; doch auf die Rhizopoden müssen wir in dieser Absicht als auf unseren Ausgangspunkt nochmals zurückkommen, und zwar, da verschiedene Organen-Systeme bei ihnen noch nicht unterscheidbar sind, sogleich alle ihre Verhältnisse im Ganzen betrachten. Max Schultze*) beschreibt uns die

*) Wir haben zwar geglaubt, uns hier und in der Folge der Ansicht und der Darstellung von den Rhizopoden anschließen zu müssen, wie sie nicht nur von Dujardin, Milne-Edwards u. a. früheren deutschen, französischen und englischen Beobachtern, sondern auch in der neuesten umfassenden Arbeit von M. Schultze gegeben wird, obwohl wir gestehen, uns ein individuelles Wesen ohne Epidermis, eine willkührliche Form-Änderung bei lauter aneinander fließenden Molekulen, eine Bildung specifisch verschiedener Schaalen mit bestimmten Formen und Skulpturen und was dergleichen mehr ist, theoretisch gar nicht denken zu können. Um so mehr müssen wir erwähnen, daß uns so eben, wo diese Blätter gedruckt werden, Ehrenbergs Verwahrung gegen Schultze's Darstellungs-Weise zu Gesicht kommt, worin er den Amöben und Polythalamien Epidermis nebst

Amöben (Fig. 29), die einfachsten unter den nackten Rhizopoden des süßen und salzigen Wassers, in folgender Weise: Sie gleichen kleinen Schleim-Kügelchen und bestehen aus einer farblosen durchsichtigen

Fig. 29.



Amoeba: nackt, a mit ausgestreckten und b mit eingezogenen Fäden.

kontraktilen Substanz (Sarkode der Anatomen). Das Kügelchen kann seine Form willkührlich verändern, vermag aus jeder Stelle seiner Oberfläche einen rundlichen oder zugespitzten, kürzeren oder längeren, den Körper bis 12mal an Länge übertreffenden einfachen oder ästigen Fortsatz zu bilden und auszustrecken, um ihn irgend wo tastend anzulegen und anzukleben und dann die ganze Masse des Thieres in denselben überfließen und nachfolgen zu lassen. Es vermag diese Fortsätze an vielen Stellen zugleich zu bilden, durch ihre Verästelungen Netz-artig unter einander zu verketten oder breite Flächen darzustellen, sie wieder einzuziehen und spurlos in die Gesammtmasse verschwinden zu lassen. Ein Unterschied von Hülle und Inhalt ist nicht vorhanden. Nur bei stärkster Vergrößerung unter-

---

bleibendem Mund und Magen (seit 1838) nach wie vor vindizirt, obwohl er zugibt, daß der Mund nicht bleibend sichtbar und daß bei der großen Veränderlichkeit in der Form jener ersten es unmöglich seie, sich die Stelle des Körpers zu merken, wo er liege. Die Amöben wären nach Ehrenberg sogar mit vielen von bestimmten Wandungen umgebenen Magen, wie die Infusorien, versehen (Abhandl. d. K. Akad. d. Wissensch. 1855, 121—128), was jedoch kaum so sein dürfte.

scheidet man in einer homogenen durchsichtigen Protein-Substanz (der Chemiker) molekuläre Fett-Kernchen von scharfen Konturen und einzelne helle Bläschen: wandungslose und mit heller Flüssigkeit erfüllte Lücken der Substanz. Grundmasse, Kernchen, Bläschen und eingenommene Nahrung, Alles ist fortwährend in einer fließenden Bewegung, kann jeden Augenblick seine Stelle ändern, in die entstehenden Fortsätze einfließen und in Folge ihrer Zusammenziehung wieder zurückkehren. So lange der Fortsatz seine Form behält, sieht man oft jene Kernchen und Bläschen auf einer Seite desselben rasch bis zur Spitze hinausströmen und auf der andern wieder zum Anfang zurückkehren, um sich in die Körper-Masse zu verlieren oder in einen Strudel fortgerissen zu werden. Nur an den feinsten Fäden, welche dünner als die Kernchen sind, laufen diese an der Oberfläche hin. Es sind keine besondern äußeren und inneren Bewegungs-Organe vorhanden; jede Stelle, jedes Theilchen des Körpers ist beweglich und Reiz-empfänglich. Erreicht das Thier einen kleinen zu seiner Nahrung geeigneten Organismus, wie Kolpoden, Paramäcien und dergl., so genügt (wie bei den nesselnden Thieren, von welchen später die Rede) oft schon die leiseste Berührung mit einem seiner Fortsätze ihn bewegungslos zu machen. Es umgibt ihn mit seinen ausströmenden Fäden, verkürzt dann dieselben und umschließt ihn endlich mit seiner ganzen Masse von allen Seiten, wornach die Strömungen aufhören. Jeder ihn berührende Punkt ist fähig ihm das Lösliche und Assimilirbare zu entziehen*), die Kiesel-Hülle der Bacillarien und die Cellulose-Schläuche der Oscillatorien werden ihres Fettes, ihrer Protein-Substanzen und oft auch ihres Farbstoffes entleert und dann wieder ausgestoßen. Rhizopoden, welche in poröse Kalk-Schaalen eingeschlossen sind und ihre Fortsätze nur durch deren Poren hervorstecken, aber keine Beute durch dieselben einziehen können, vermögen mit Hülfe der ausgestreckten Fäden gleichwohl außerhalb der Schaale viel größere Körper aufzulösen und als Nahrung in sich aufzunehmen. Über die Fortpflanzung weiß man nur wenig Verlässiges. In einigen Fällen scheinen Kerne im Inneren vorzukommen, wie sie bei Infusorien oft bei Fortpflanzung der Art dienen. In anderen schien die Vermehrung durch Konjugation zweier Individuen wie bei manchen Algen bewirkt zu

---

*) Wir erinnern an das, was über das Assimilations-Vermögen der Sarkode schon früher gesagt ist.

werden, ohne daß bestimmte Stellen des Körpers dazu besonders verwendet werden können. Oft mag freiwillige oder zufällige Theilung zum nämlichen Erfolge führen. Selbst in faulen Wassern widerstehen diese Thiere Monate lang dem Tode, und anscheinend todte können im frischen Wasser sich wieder beleben. So ist hier also noch keine Differenz der Mischung, noch keine Verschiedenartigkeit der Gewebe, noch keine Manchfaltigkeit der Organe für verschiedene Funktionen vorhanden; alle Theilchen der Körper-Masse verrichten alle Funktionen mit einander; jedes ist daher wohl ohne Zweifel auch fähig, für sich ein neues Individuum zu bilden; denn es braucht nichts dazu, was es nicht besäße. Ernährungs- und Fortpflanzungs-, Nerven-, Sinnes- und Bewegungs-Organe sind für diese Wesen noch ein entbehrlicher Luxus, obwohl ihnen die entsprechenden Funktionen nicht fehlen, obwohl sie sich nähren und vermehren, sich bewegen und empfinden. Indessen hat Ehrenberg bei mehren beschaalten Rhizopoden äußere Anhängsel gesehen, die er für Eier-Beutel hielt, wie sie viele Kruster mit sich führen.

Vergleichen wir damit die viel-hundertfältigen chemischen Verbindungen, die manchfaltigen Gewebe, die überall veränderlichen Organe, welche in den höheren und insbesondre in den höchsten Pflanzen- und Thier-Klassen sich darbieten, so beginnen wir trotz der Homogeneität aller Bildungen in den Amöben bald die Unendlichkeit der Mittel und ihrer Kombinationen zu begreifen, welche der Natur zur Ausführung ihrer Plane zu Gebote stunden. Und in der That währt jene Indifferenz nicht lange. Wie wir im Pflanzen-Reiche schon von den Algen und Pilzen an aufwärts die Gemische, die Zellen, die Gewebe, die Organe, die Gesammtformen der Pflanzen sich immer weiter und weiter differenziren sahen, so ist es auch bei den Thieren von den Amorphozoen an bis hinauf zum Menschen der Fall. Je höher wir in der Thier-Reihe hinaufsteigen, desto verschiedenartiger und manchfaltiger sind, statt der einen Protein-Substanz und der Fett-Tröpfchen der nackten Rhizopoden, in jeder einzelnen Thier-Art die Gemische.

Während wir in den nackten Wurzelfüßern nur ein Form-loses Gewebe (wenn man es so nennen kann, da es keine bleibenden Theile hat), die Sarkode erkannten, wozu bei den beschaalten Arten noch ein zweites als Grundlage der Schaalen-Bildung hinzukommt, unterscheidet man bei höheren Thieren Horn-, Binde- und Fett-Gewebe, elastisches, Muskel- und Nerven-Gewebe, Knorpel- und

Knochen-, Zahn- und Gefäß-Gewebe, eilf verschiedene Arten im Ganzen, welche gewöhnlich alle in einerlei Thier-Art der obersten Klassen beisammen vorkommen und noch eine Menge von Unterarten zählen. Dazu kommt dann noch das Holz- oder Cellulose-Gewebe, welches den Tunikaten allein zusteht.

Und diese Gewebe werden die Grundlagen der so verschiedenartigen Häute, Drüsen, Gefäße, Nerven, Muskeln und Knochen, welche bei niederen Thieren, so weit sie da schon vorkommen, oft in nur geringer Anzahl, jedenfalls aber stets in geringer Manchfaltigkeit beisammen auftreten, bei höheren Thieren aber wieder ganze Systeme mit mancherlei Verkettungen zusammensetzen, das Haut-, das Darm-, das Gefäß-System, das Nerven-, Knochen-, Muskel- und Geschlechts-System. Und alle diese Systeme sind anders beschaffen in jeder Klasse und Ordnung, in jeder Sippe und sogar in jeder Art!

Doch kehren wir zu unserem Ausgangs-Punkte zurück, um noch einen raschen Blick auf die nächst-verwandten Klassen zu werfen. Schon bei den Infusorien sehen wir eine bleibende Haut gewöhnlich mit bleibenden Flimmerhaaren besetzt, welche die Erneuerung des umgebenden Wassers für die Respiration, damit Zuführung von Nahrung und Bewegung des Thieres selbst vermitteln; wir finden meistens einen Mund, eine Verdauungs-Höhle, eine helle Blase im Innern, von welcher Gefäß-artige Strahlen auslaufen, die sich durch Kontraktion und Ausdehnung der ersten füllen und entleeren; wir finden endlich fast immer einen dunkeln Kern, der, wenn auch noch nicht in geschlechtlicher Weise, bei der Vermehrung dieser Thiere durch Selbsttheilung eine Rolle spielt. Oft sind auch schon farbige Augen-Punkte vorhanden, die wenigstens für Licht und Schatten empfänglich zu sein scheinen. Im nächsten Thier-Kreise treten bei den Polypen auch schon die ersten Genitalien auf, männliche und weibliche bald in einem Individuum verbunden und bald in zweien getrennt, und in die Verdauungs-Höhle ausmündend, wo auch Leber-Gefäße bereits ihre Stelle finden. Hier treten ferner die ersten bleibenden Greifarme auf, unentbehrliche Mandukations-Organe für festsitzende Thiere, — und die ersten Spuren von Muskel-Fasern erscheinen (abgesehen von den Stielen der Vorticellen) in eben diesen Armen, aber bald noch deutlicher und bestimmter und von Nerven begleitet in dem Hute der Schirm-Quallen. Ein Theil der Echinodermen hat bereits einen freien Magen, Darm, After, Athmungs- und eigene Bewegungs-Organe, ein Herz und pulsirendes Gefäß-

System. Haut-Skelett und wirkliche Füße aber kommen erst bei den Kerbthieren, Binnenskelett, Saugadern und rothes Blut nicht früher als bei den Wirbelthieren zum Vorschein. Doch ist es nicht immer der Fall, daß ein Organ, nachdem es einmal aufgetreten ist, sich von nun an ununterbrochen fort entwickelt; zuweilen verschwindet es in höheren Gliedern unserer Systeme wieder auf einige Zeit, wie sich Das z. B. mit den Augen mehrfach wiederholt; noch öfter sinkt es wenigstens für einige Zeit wieder auf eine tiefre Entwickelungs-Stufe herab.

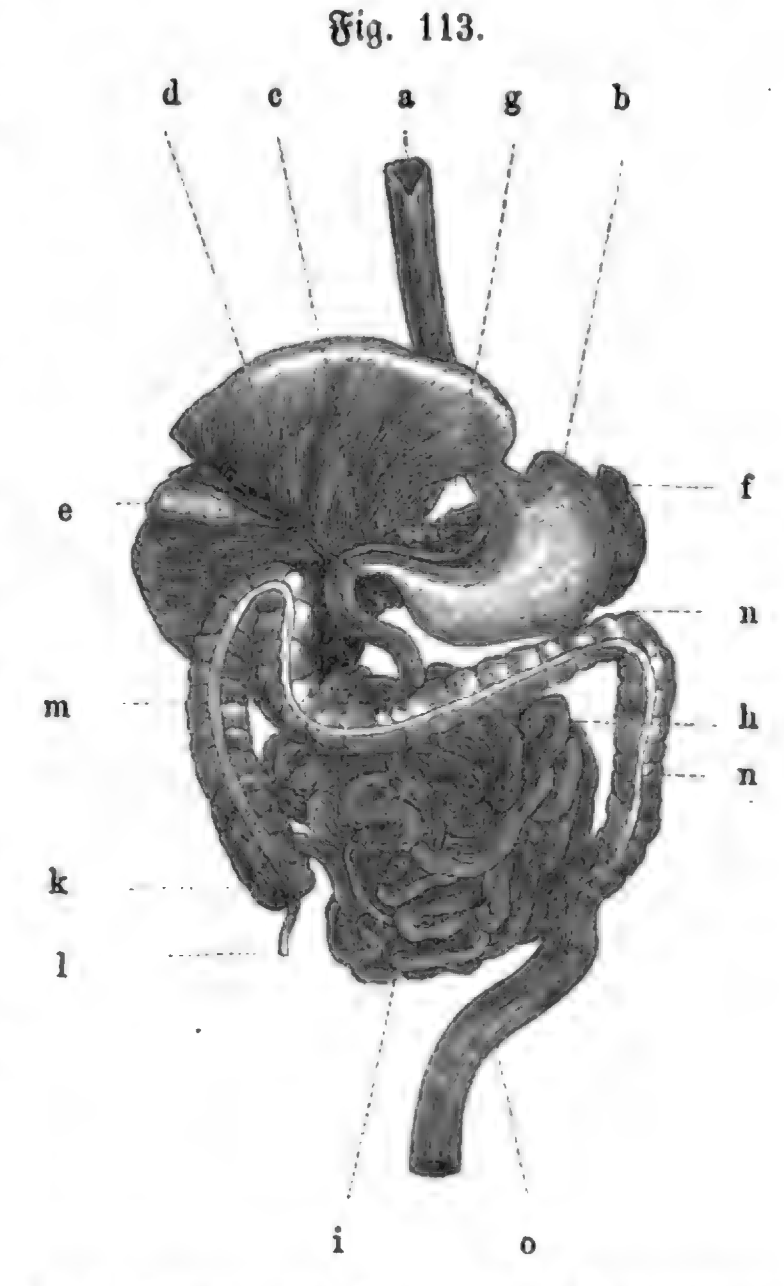
Wir beschränken uns hier mit diesen wenigen Andeutungen, um die Anfänge der verschiedenen Organen-Arten in denjenigen Thier-Gruppen zu bezeichnen, wo sie zum ersten Male auftreten. Um aber die ganze Wichtigkeit dieses Entwickelungs-Gesetzes im Thier-Reiche zu begreifen, ist es nöthig, dasselbe durch alle einzelnen Systeme des Organismus von Thier-Kreis zu Thier-Kreis, von Klasse zu Klasse und von Ordnung zu Ordnung zu verfolgen.

a) Die Ernährungs-Organe der Thiere.

Der scheinbar so einfache Ernährungs-Prozeß der Rhizopoden zerfällt gleichwohl in mehre Akte, in ein Ergreifen (Mandukation), Einschließen und Auflösen der Nahrung und in ein Ausstoßen des nicht assimilirbaren Restes, verbunden mit einer unausgesetzten Einwirkung der im Wasser enthaltenen Luft auf die aufgelös'ten Säfte durch Vermittelung der jederzeitigen Oberfläche (Athmung), und mit einer etwaigen Wiederausscheidung flüssiger Theile, die nicht mehr im Inneren nöthig sind. Da indessen alle Bildungs-Theile des Körpers sich jeden Augenblick aneinander verschieben, so gelangen alle der Reihe nach selbst an die Oberfläche, um wieder durch andre daselbst verdrängt zu werden, daher man sagen kann, es besteht eine Zirkulation der Körper-Masse um die Nahrung und in der Luft, statt der der Nahrungs-Säfte und der Luft (des Wassers) im Körper. Ein Verkleinern, ein Zerkäuen der eingeschlossenen Beute findet bei den Wurzelfüßern noch nicht statt, da sie Alles chemisch aufzulösen vermögen. Sie tritt erst bei den nächsten Thier-Gruppen zu den zur Ernährung erforderlichen Theil-Funktionen hinzu, erfordert aber dann auch sogleich ein neues eignes und feststehendes Organ. Der Hauptfortschritt in der Vervollkommnung der Thiere von den untersten bis zu den höchsten Verzweigungen des Systemes

hinauf besteht nur darin, daß alle vorhin einzeln erwähnten Theil-Funktionen oder Funktions-Akte nun auch immer selbstständiger auseinander treten, und jede derselben zu dem Ende auch ihr eigenthümliches bleibendes Organ erhält, welches bei den Rhizopoden noch gänzlich mangelt; — ja die oben genannten Akte genügen sogar in den höheren Klassen nicht mehr, sondern spalten sich zum Theile noch weiter und weiter, von immer neuen Organen unterstützt. Jenem ursprünglichsten Typus der Alles in Allem leistenden Rhizopoden wollen wir als vollständiges Bild der höchsten Differenzirung der Ernährungs-Funktion und ihrer Organe die Wirbelthiere gegenüberstellen, wo der gesammte Prozeß sich in folgendes Schema fassen läßt: (Fig. 113.)

Fig. 113.



Darm-Apparat des Menschen; a Speiseröhre, b Magen, c untere Magenöffnung, Pylorus, d Leber, e Gallenblase, f Milz, g Pancreatische Drüse, h i Dünndarm, k Blinddarm, l Fortsatz des Blinddarms, m Dickdarme, n Grimmdarm (Colon), o Mastdarm.

A. Freiwillige Thätigkeit:

1) Ergreifen: durch mancherlei Mittel.
2) Zubereiten: ebenso.
3) Käuen: Kinnladen, Zähne.
4) Schlingen: Schlund, Zunge.

B. Unfreiwillige Thätigkeit:

5) Fortbewegung: im Nahrungs-Kanal.
6) Zersetzung: in Kropf und Magen.
7) Extraktion: Dünndarm-Wand, Saugadern.
8) Zirkulation: Gefäß-System.
9) Respiration: Kiemen (Wassergefäße), Lungen.
10) Sekretion: Speichel- und Magen-Drüsen, Leber, Nieren, Hoden u. s. w.
11) Exkretion: Haut, Lunge, Harn-Leiter, Mastdarm, After.

Ehe wir nun ins Einzelne eingehen, haben wir noch folgende allgemeine Bemerkungen vorauszusenden.

Jede einzelne von diesen Funktionen kann in einem andern Grade als die andere entwickelt sein und mitunter in eine noch größere Anzahl von Akten zerfallen, als hier oben angegeben sind; daher denn auch die ihnen entsprechenden Organe in einerlei Thieren auf sehr ungleicher Entwickelungs-Stufe stehen, für verschiedene Funktionen oder Akte zugleich dienen oder für je eine einzelne bestimmt sein können.

Die freiwillige Ernährungs-Thätigkeit gehört zwar ins Bereich der Bewegung und mitunter selbst Empfindung, scheint sich aber doch am bequemsten sogleich hinter die Betrachtung der unfreiwilligen Ernährungs-Funktionen anzuschließen.

Der Darm ist für das Thier, was der Boden für die Pflanze ist; die Saugadern des ersten sind die Wurzeln der letzten. Nur von hier ab und mit Ausschluß der unmittelbaren Exkretion des Thieres ist also die Ernährung der Wesen beider Reiche in Parallele zu setzen.

Das Ernährungs-Geschäft ist bis zum Beginn der Auffaugung im Darm ein wesentlich verschiedenes, je nachdem die Nahrung 1) in lebendig ergriffener thierischer Beute besteht, welche die entwickeltesten Mandukations-Organe erheischt, oder 2) von todten thierischen oder von vegetabilischen Stoffen entnommen wird, welche letzten dann eine stärkere mechanische Verarbeitung und chemische Zersetzung erfordern. Es ist ferner verschieden, je nachdem die Nahrung eine feste oder eine flüssige ist, indem die letzte ganz andre Aneignungs-Werkzeuge erheischt und oft sogar (Parasiten, S. 134) eine ganz andre Organisation zuläßt.

Alle diese manchfaltigen Verschiedenheiten sind aber zur Anpassung des Thieres an die äußeren Existenz-Bedingungen nothwendig und daher von der Beschaffenheit des Nerven-Systemes, der Generation, so wie überhaupt von den früher aufgestellten Grund-Typen des Thier-Reiches an und für sich nicht direkt abhängig, so daß nicht nur ein Theil derselben sich in einer größeren oder kleineren Anzahl jener Typen und Untertypen wiederholt, sondern auch eine analoge Reihe von Veränderungen durchläuft, wie sie jedem dieser letzten angemessen sind. Diese Reihenfolge der Veränderungen kann in jedem nächst-höheren Kreise des Systemes wieder um so vollständiger sein, als daselbst alle Funktionen und

deren Organe wieder auf einer mitunter viel niedrigeren Stufe der Vollkommenheit zu beginnen pflegen, als diejenige war, mit welcher sie im nächst-tieferen Kreise aufgehört hatten. Hieraus ergibt sich denn schon zur Genüge, wie wenig man erwarten dürfe, die verschiedenen Organe, ungeachtet des Gesetzes fortschreitender Differenzirung, einen einfachen geraden Vervollkommnungs-Weg durchlaufen zu sehen, oder in der Stellung eines Thieres in einem höheren Kreise auch immer eine Bürgschaft für eine vollkommenere Organisation zu erblicken.

Die Entwickelung der Ernährungs-Funktionen und ihrer Organe im Systeme erfolgt nicht in der Reihen-Ordnung, in welcher sie bei den obersten Thier-Klassen ineinander greifen und in der wir sie vorhin (S. 191) aufgezählt haben, sondern so, daß die zum Leben an und für sich nothwendigsten zuerst, die zum höheren oder vollkommneren Leben erforderlichen aber erst höher auf der Stufen-Leiter des Systemes zum Vorschein kommen. Bei ihrer näheren Betrachtung werden wir jedoch jene Ordnung in der Weise einhalten, daß wir mit den unfreiwilligen Verrichtungen beginnen und uns dann erst zu den freiwilligen und im Allgemeinen höheren Funktionen oder Akte wenden.

a) Die unfreiwilligen Ernährungs-Funktionen.

Die größte Indifferenz der Stoff- und Form-Theile haben wir bereits bei den Wurzelfüßern (Fig. 53, 186, S. 29—31) kennen gelernt, wo kein Theilchen des Körpers eine bleibende Stelle einnimmt oder eine eigne Funktion besitzt, sondern jedes auf jede Stelle gelangen und alle Alles thun kann. — Bei schon bleibender äußerer Oberfläche besitzen einige Infusorien so wie manche Eingeweide-Würmer doch noch keinen Mund. Jene sind die kleinsten unter allen Thieren, bis zu Tausenden in einem Tropfen salzigen oder süßen Wassers lebend, oft sehr kontraktil, nackt oder mit einer etwas starreren Panzer-Haut umgeben, fest-sitzend oder beweglich durch 1 bis 2 schwingende Borstchen oder durch einen Kranz von Flimmerhaaren, oft mit einem Nucleus, einer kontraktilen Blase und einem farbigen Augen-Punkte versehen und wohl immer eine Metamorphose durchlaufend, doch wegen des mangelnden Mundes noch immer mit Mißtrauen im Thier-Reiche aufgenommen. Eine größere Anzahl von Organen einfachster Art hat sich also doch aus der einförmigen Masse bereits ausgeschieden. Bei den meist schon vollkommneren im Darm-Kanale oder Zellgewebe höherer Thiere lebenden Eingeweide-Wür-

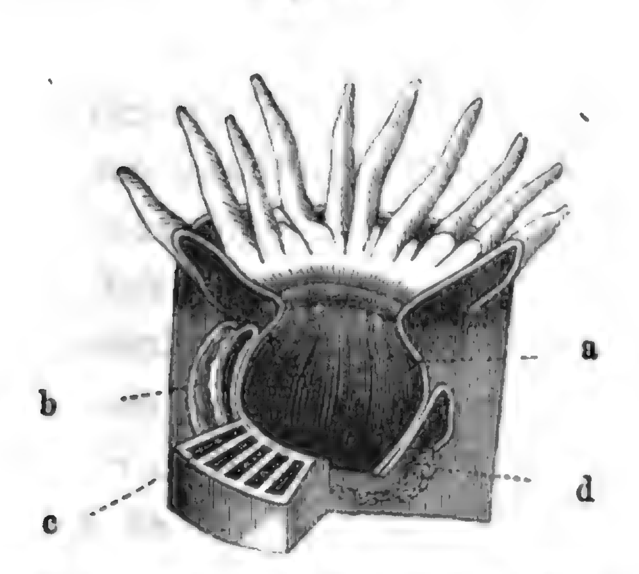
mern (Gregarinia, Fig. 78, S. 162, Kratzer- und Band-Würmer, Fig. 76, S. 135 und Fig. 49, S. 72) ersetzt die gesammte weiche Oberfläche die Stelle des Mundes; mitten in nährenden Säften schmarotzend können sie des verdauenden Magens, des assimilirenden Darmes und des ausscheidenden Afters für feste Abgänge entbehren; die funktionelle Differenz zwischen innerer und äußerer Oberfläche besteht noch nicht, und eben diese letzte dient ihnen als aufsaugende Wurzel oder Darm. Auch ihr sogenannter Kopf ist dann nur ein bloßes Haft-Organ mit Sauggruben und Haken und hat mit einem wirklichen Kopfe nur Das gemein, daß er bei etwaiger freier Bewegung gewöhnlich voran ist. Doch sind ästige Exkretions-Kanäle zu Entfernung unnöthig gewordener flüssiger Stoffe durch das dem Kopfe entgegen gesetzte Körper-Ende meistens vorhanden. — Der nächste Schritt zur Vervollkommnung besteht in der Unterscheidung einer inneren von der äußeren Oberfläche, einer Körper-Höhle, in der Differenzirung ihrer beiderseitigen Funktionen, in der Übertragung des Verdauungs-Geschäftes an die innere und in der Belassung der Bewegung und Empfindung bei der äußeren Oberfläche. Eine solche innere Höhle mit einfacher verschließbarer Mündung erscheint zuerst, vorn oder neben bei den typischen beweglichen Infusorien und später wieder bei den Gordiazeen, oben bei den fest-sitzenden Polypen, unten bei den Quallen gelegen. Die gröbere Nahrung tritt bei den ersten in einen einfachen Körper-Raum, bei den Polypen in einen Trichter-förmigen Vorraum, bei den Quallen in eine zentrale Höhle, wo sie verdaut wird. Das Unverdauliche wird dann durch dieselbe Öffnung wieder ausgestoßen, das Verdauliche mit Wasser gemengt bei den Polypen meistens in eine tiefere Körper-Höhle und von dieser in die hohlen Arme (Fig. 114 c a), bei den Quallen*) aber aus dem Magen meistens in 4—8zählig ausstrahlenden flimmernden Darm-Kanälen ohne eigne Wandungen und ohne eigentliche Zirkulation durch den Körper gesendet (Fig. 115). Nur bei Actinia (Fig. 114 d) und bei Hydra scheint auch noch ein Drüsen-artiges Organ mit der Verdauungs-Höhle in Verbindung zu stehen. Dennoch ist die innere Oberfläche noch so wenig von der äußeren, oder ein Theil des Körpers

---

*) Rhizostoma sollte zwar an den Enden ihrer 4 herabhängenden Arme eine größere Anzahl feiner Poren zur Aufnahme der Nahrung haben und diese dann in eine Zentral-Höhle geführt werden. Gosse widerspricht Dem aber und sagt, daß das Thier kleine Fischchen zwischen dem Grunde der Arme verschlinge.

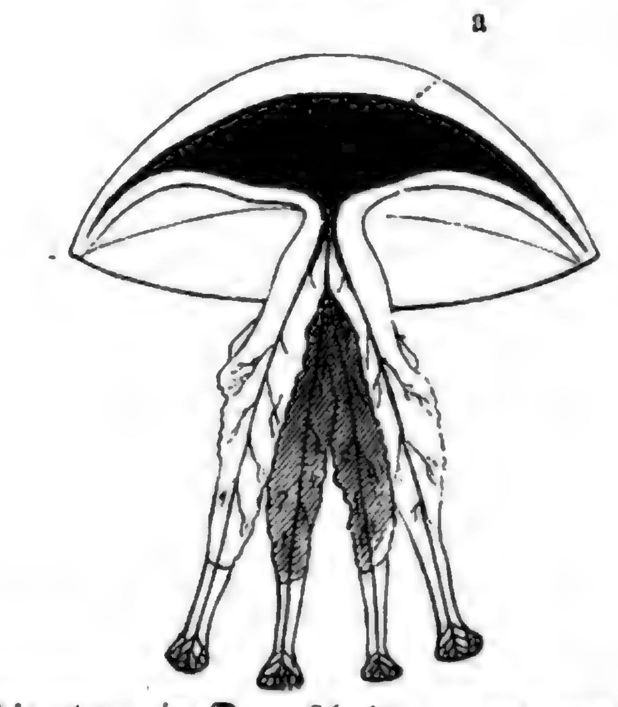
vom andern funktionell verschieden, daß Trembley behauptete, umgestülpte Süßwasser-Polypen vermöchten mit der anfänglich äußeren Körper-Fläche ebenso gut wie mit der inneren zu verdauen und

Fig. 114.



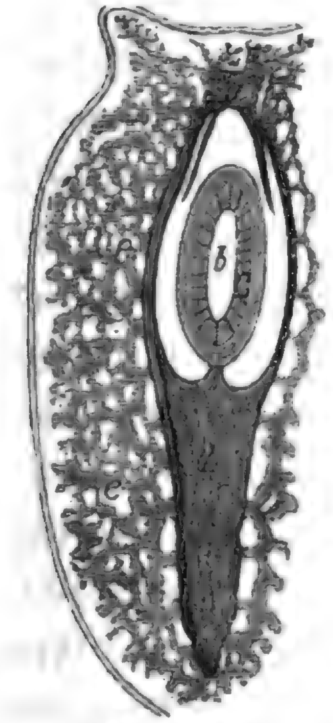
Actinia; a Vorraum; b in die Arme führende Strahlen der Verdauungs-Höhle darunter; c radiale Scheidewände dazwischen; d Mesenterial-Filament.

Fig. 115.



Rhizostoma im Querschnitt: a verdauende Leibes-Höhle, rechts und links in Kanäle fortsetzend.

Fig. 116.



Planaria; a Nerven; b c Mund, e Verästelungen der Verdauungs-Höhle.

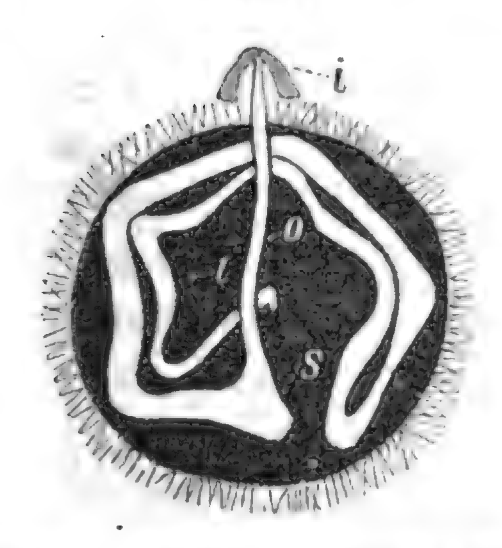
in Stücke geschnittene Individuen derselben sich jedes einzelne zu ernähren und durch Zeugung zu vermehren. Auch bei den Planarien (Fig. 116) und bei einem Theile der Trematoden verästelt sich der Darm Gefäß-artig durch den Leib, und noch bei den parasitischen Pyknogoniden unter den Spinnen-artigen Thieren sendet er seine Fortsätze bis in sämmtliche Beine, Kieferfühler und Taster, indem alle Gefäße noch mangeln; aber während den Planarien der Mund zugleich als After dient, besitzen die Trematoden noch ein selbstständiges Organ für flüssige Exkretionen und haben die Pyknogoniden schon einen vom Mund zum After durchlaufenden Darm.

Von hier ab entsteht nun ein regelmäßiger einfacher Nahrungs-Kanal mit eignen selbstständigen Wandungen, doch bei einem Theile der Krinoideen und Asteriaden (S. 61, Fig. 41), wo er fünf-lappig oder fünf-ästig

erscheint und bis in die Arme verläuft, noch immer ohne besondre bleibende After-Öffnung, die höher auf den Stufen des Systemes auch wieder bei einigen Brachiopoden und Rotatorien vermißt wird. Es besteht also folgende Gradation: Mund und After fehlen; Mund und After sind vereint; beide liegen getrennt neben einander, und beide liegen an den zwei entgegengesetzten Enden des Körpers; — und diese Gradation wiederholt sich in mehr oder weniger vollständiger Stufen-Reihe am Anfange mehrer Thier-Kreise, — unvollständig bei den Amorphozoen, vollständiger bei den Aktinozoen, Malakozoen und Kiemen-Entomozoen. — Dabei verlängert sich der Nahrungs-Kanal immer mehr, sondert sich in Textur, Form und Funktion allmählich immer öfter und schärfer in verschiedene hintereinander gelegene Abschnitte: in einen Mund mit verengbarem Schlunde dahinter, wo sich später der Luft-einhüllende Speichel, — in einen weiten oft derbwandigen und mechanisch thätigen Magen, wo sich der Magensaft, — in einen meistens engen langen Dünndarm, wo sich die Galle den eingenommenen Nährstoffen aus nahe gelegenen Drüsen beimengt, — und endlich in einen Dick- und Mast-Darm, durch welchen die unverdaulichen Überreste wieder fortgeschafft werden. Die besondre Aufgabe des Mundes ist dann die rasche mechanische Verkleinerung überhaupt und die chemische Zersetzung Stärkmehl-artiger Stoffe durch Beimengung des Speichels insbesondre; die des Schlundes das Weiterschieben derselben; die des Magens die längre Zeit fortwährende Einweichung der Nahrung und Zersetzung insbesondre der Stickstoff-haltigen Verbindungen durch den Magensaft; im Dünndarm soll das Assimilirbare durch die Galle geschieden und auf seinem weiteren Wege durch den Darm von dessen Wänden aufgesogen werden; der Dickdarm bewirkt fast nur noch mechanische Fortschaffung und endliche Exkretion. — Bei manchen Echinodermen (S. 61, Fig. 41; S. 62, Fig. 42) nun bildet der Nahrungs-Kanal schon 2½ Windungen um die Körper-Achse (Fig. 117), und bei den Holothurien insbesondre zieht er sich vom Hintergrunde nochmals in die Nähe des Mundes vorwärts, ehe er sich zum After begiebt. — Unter den Mollusken dagegen erscheint er zuerst bei den Bryozoen (Fig. 118) und Tunikaten (Fig. 119) wieder nur als ein einfacher Schlauch, der sich vom Munde abwärts in den Körper senkt und hinten oder, wenn das Thier ein sitzendes ist, wieder neben dem Munde ausmündet. Bei den Brachiopoden oder Palliobranchiaten ist es nur ein Spindelförmiger oder einfach gewundener Sack, welcher sich dann von den

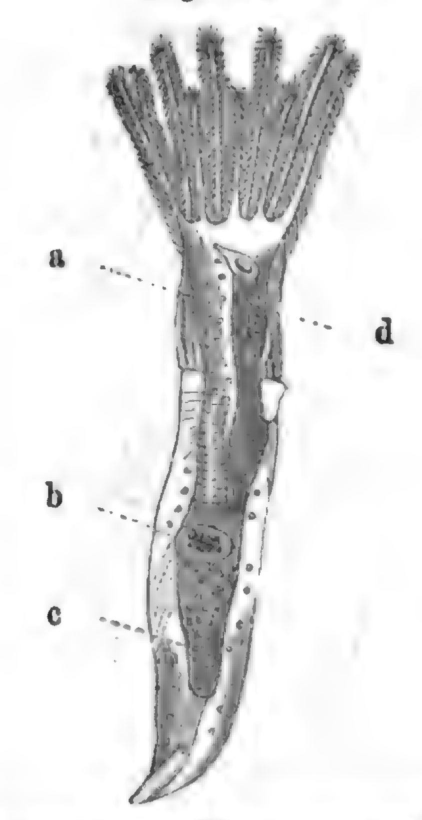
Lamellibranchiern (Fig. 120) an und bei den Gastropoden (Fig. 121 bis 125) mehr streckt, Windungen bildet und sich stärker differenzirt, da in der Mitte seines Verlaufes sich der Magen auffallend hervor-

Fig. 117.



Echinus, Seeigel; i Mund-Öffnung; o Ösophagus; s Magen; l Darm.

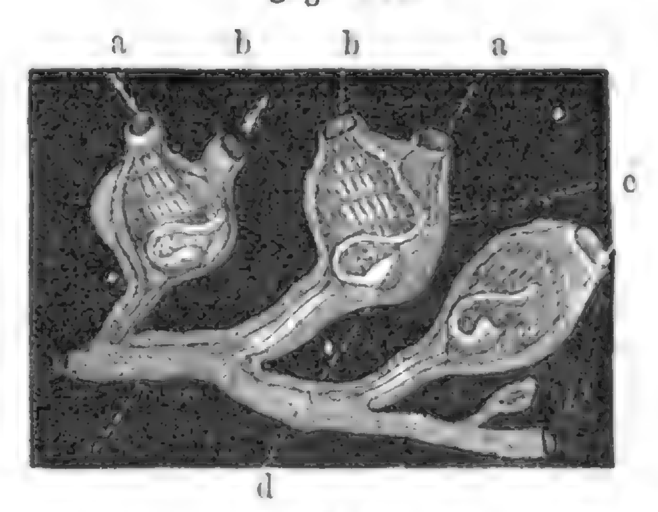
Fig. 118.



Bowerbankia: a Pharynx mit Muskel-Magen b; c Magen-Blindsack; d After-Darm.

hebt, bei herbivoren sich oft in mehre unterabtheilt, bei den karnivoren Cephalopoden aber sich oft nur mit einem spiralen oder sonstigen Blind-sacke versieht. Viele Lamellibranchier besitzen hinter dem Magen noch einen Blindanhang mit einem knorpeligen Krystall-Stil (S. 198, Fig. 120 i) von unbekannter Bestimmung darin. — Auch bei den Kerbthieren schreitet die Differenzirung des Magens, der einigen Binnenwürmern mit dem Darme noch gänzlich mangelt und bei andern sehr einfach ist, rasch vorwärts, so daß die Kruster bereits einen Kau- und einen Dau-Magen (S. 102, Fig. 126), die Hexapoden

Fig. 119.



Zusammengesetzte Ascidien: a a Mund-Öffnung; bb Kloaken-Öffnung; c Darm-kanal mit Magen d.

noch einen Kropf und Vormagen mit einem gewundenen Darme von ansehnlicher und sogar von mehrfacher Körper-Länge besitzen, zumal so lange sie wachsen und nur Vegetabilien fressen. — Was die von animalischen Säften lebenden Saug-Kerfe betrifft, so zeichnen sie

sich im Allgemeinen durch einen zusammengesetzteren Nahrungs-Kanal aus. Wir haben oben schon der Trematoden, Planarien und Pyknogoniden gedacht, und jetzt noch die Blutegel anzuführen, deren

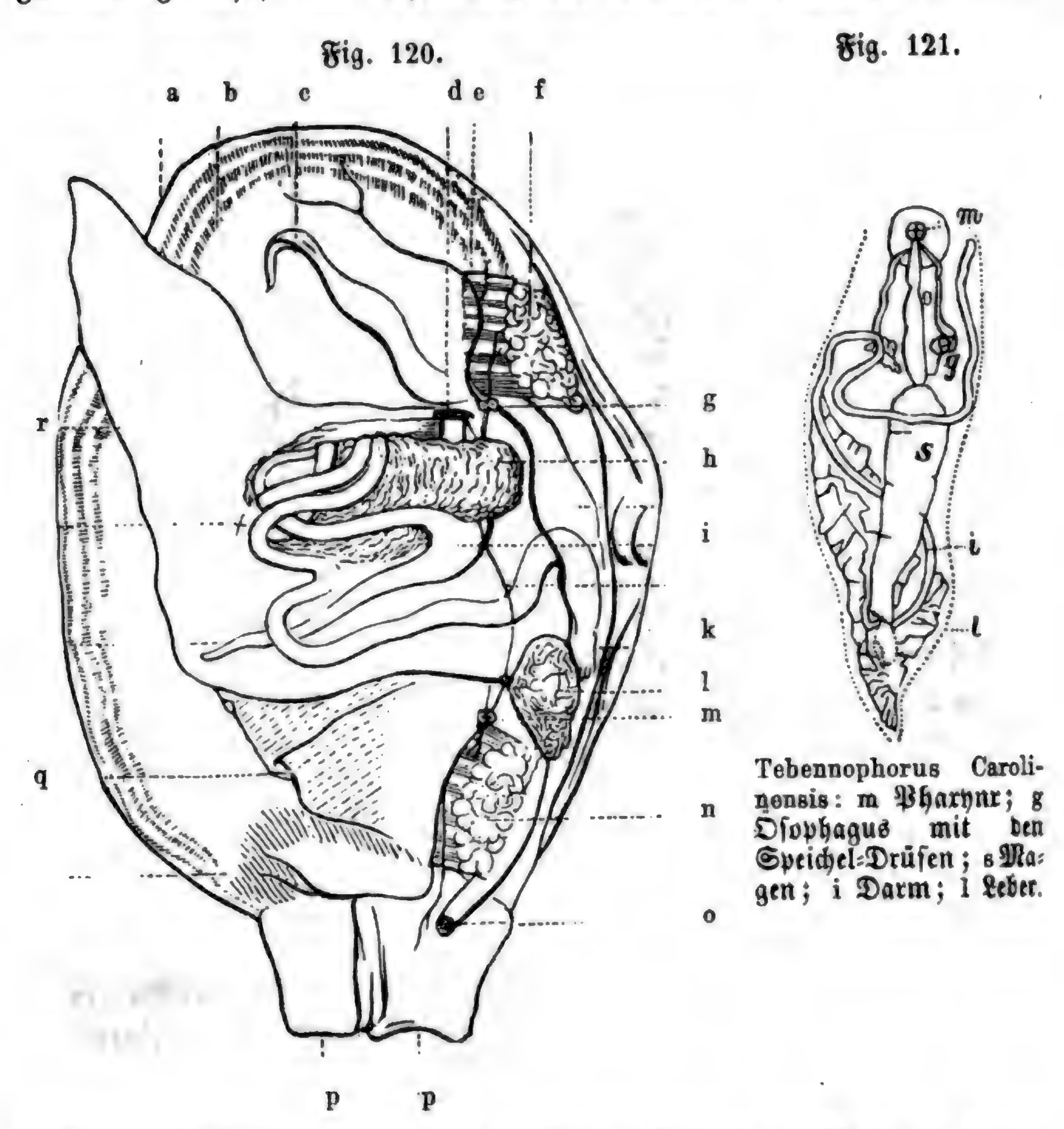


Fig. 120.

Fig. 121.

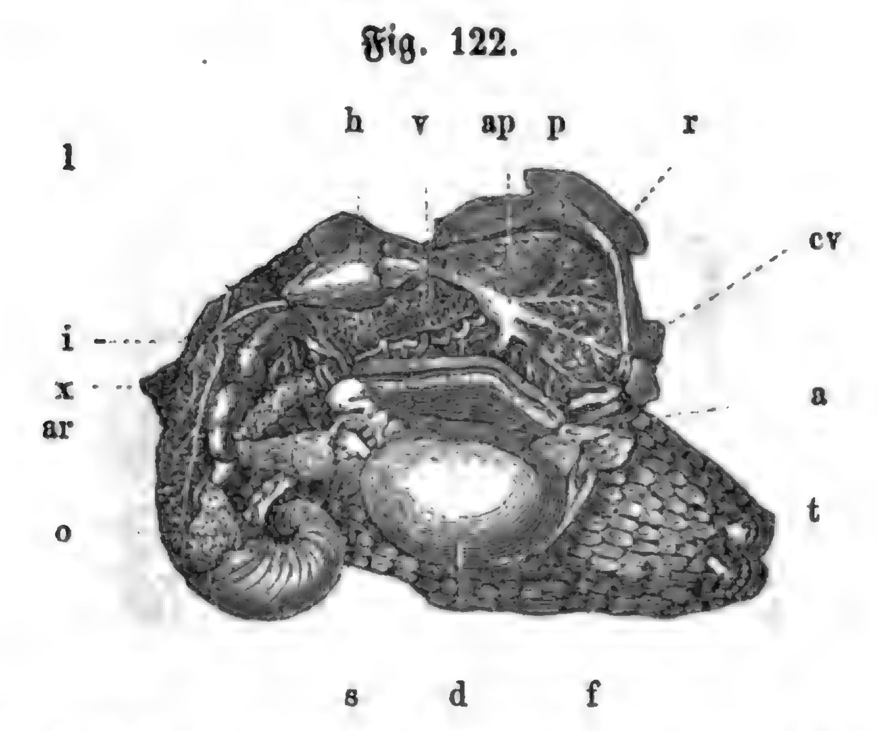
Tebennophorus Carolinensis: m Pharynx; g Ösophagus mit den Speichel-Drüsen; s Magen; i Darm; l Leber.

Lamellibranchier: a Schaale, b Mantel, c Tentakel, d Mund, e Nerven, f vorderer Schließmuskel, g Schlund-Ganglien, h Magen mit der Leber, i Blindsack mit Krystall-Stil, k Darm, l Genitaldrüse, m Kiemen-Ganglien, n hinterer Schließmuskel, o After, p p der After- und der Athmungs-Sipho, q Kiemen, r Fuß.

Kanal aus einer ganzen Reihe hintereinander liegender Magen-Abtheilungen und einem Darme besteht, und haben endlich der Lungen-Spinnen zu gedenken, welche die gefangene Insekten-Beute zwar durchkäuen, jedoch nur um die flüssigen Nahrstoffe aus ihnen zu ziehen, die leeren Bälge aber wegzuwerfen; ihr Darm ist von 4 oder 8 Blindsack-artigen Magen Strahlen-ständig umgeben; — was übrigens bei den Egeln mit der Art ihres Saugens, bei den Spin-

nen mit dem noch wenig entwickelten Gefäß-System in Verbindung steht. — Bei den **Wirbelthieren** (S. 191, Fig. 113; S. 202, Fig. 128) sind alle Regionen des Verdauungs-Apparates am voll-

Fig. 122.

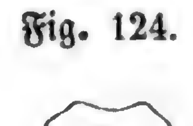


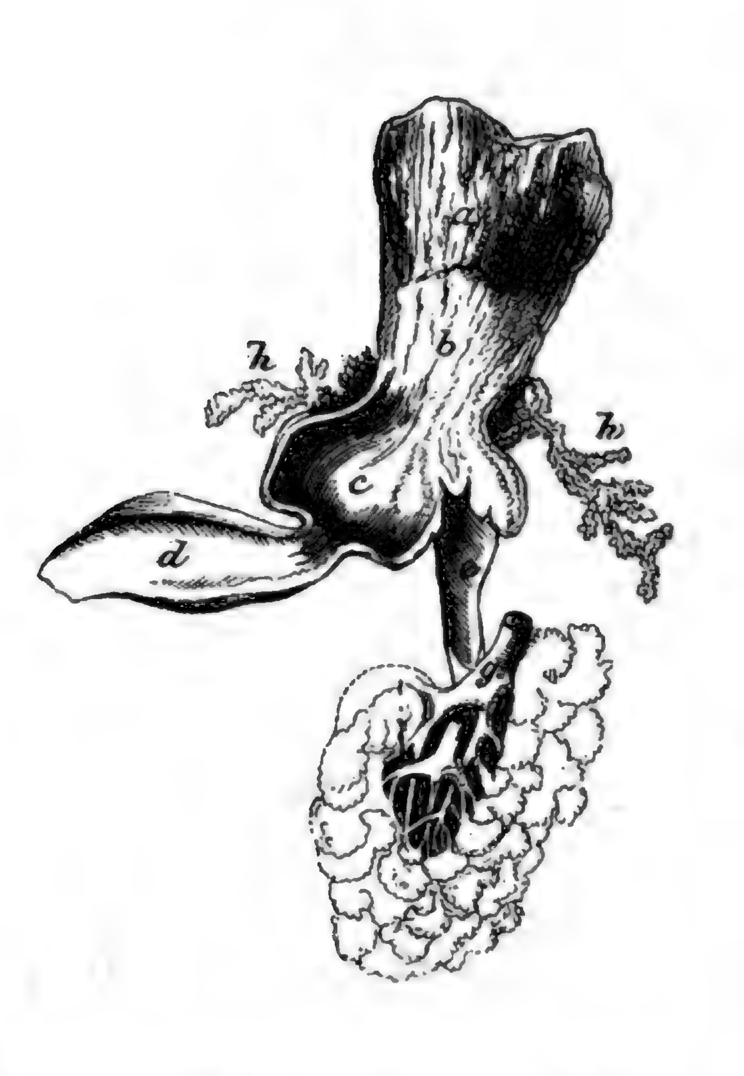
Helix: f Obere Hautbedeckung des Vorderkörpers, an dem bei t die halb eingezogenen vorderen Fühler befestigt sind; i, r Darm mit Magen-Anschwellung s und Leber l; a After; o Geschlechts-Drüse mit Ausführungsgang cv und accessorischer Drüse v; h Herz mit arteriellen (ar) und venösen (ap) Gefäßen; p Athem-Höhle, die durch die Muskel-Scheidewand d von der Eingeweide-Höhle getrennt ist; x Ende des Fußes.

ständigsten unterschieden, wenn auch in sehr ungleichem Grade, so daß er in den 2 unteren Klassen gegenüber den 2 oberen und gewöhnlich auch an der unteren Grenze jeder Klasse einfacher und kürzer als an der oberen, bei Carnivoren im Allgemeinen einfacher als bei Herbivoren erscheint. So besitzen viele Vögel einen Kropf an der Speiseröhre zum Einweichen der Nahrung, einen häutigen Vormagen, einen aus zwei halbkugeligen Muskeln gebildeten Körner-Magen und zwei Blinddärme am Anfang des Rectums. Kropf, Körner-Magen und Blinddärme sind um so entwickelter, je mehr sich die Nahrung der Vögel auf Körner beschränkt, und treten um so mehr zurück, je mehr sie in Fleisch besteht (Fig. 128, S. 202). Außerdem verschlucken sie oft noch Sand-Körner, um die Reibung im Magen zu verstärken. Bei den Säugethieren haben die Herbivoren einen mehr und weniger mächtigen Blinddarm (S. 205, Fig. 131 r), welcher den reinen Carnivoren gänzlich fehlt; — ja die Zweihufer besitzen einen zusammengesetzten und die Wiederkäuer unter ihnen (S. 203, Fig. 129) sogar vier fast ganz getrennte Magen, welche, jeder

in Form, Größe und Textur von den andern verschieden, die Arbeit so unter sich theilen, daß der erste und größte von allen das nur flüchtig durchgekäute Kräuter=Futter als Vorrath aufnimmt und all=

Fig. 123. Fig. 124. Fig. 125.





Tethys: a Rüssel, b Schlund, c Magen, d Darm, e Gallengang, f Leber, g Leber=Arterie, hh Speichel=Drüsen; Alles offen gelegt.

Pleurobranchus: a erster, b zweiter, d dritter, e vierter Magen.

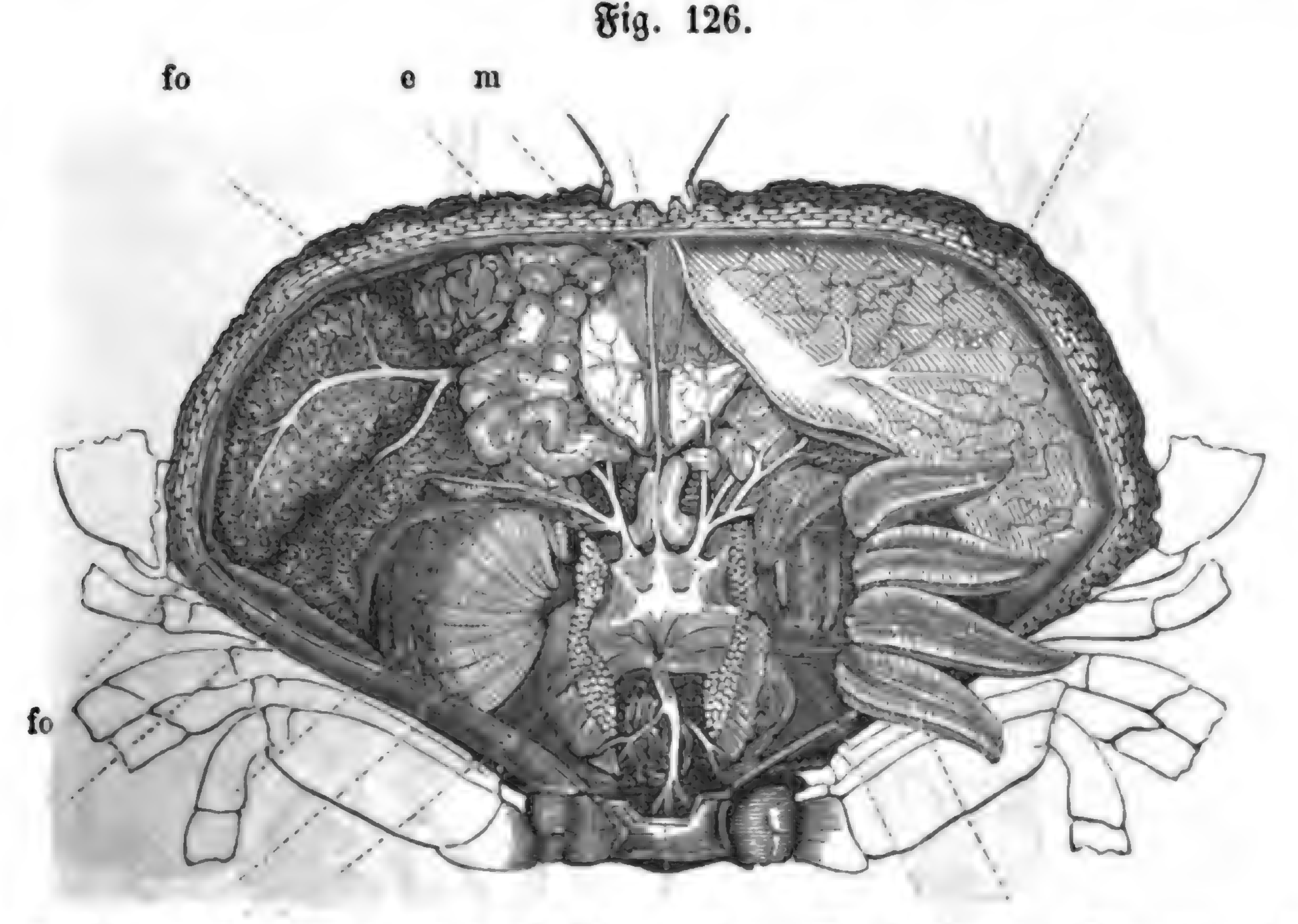
Patella: a Mund, b Backen=Masse, c Zunge, d Magen, ee Darm.

mählich dem zweiten oder kleinen Netz=Magen übergibt; dieser weicht es ein, formt es allmählich in kleine Ballen und treibt es zur zweiten Käuung in den Mund zurück, von welchem es sodann der dritte oder Blätter=Magen empfängt und es endlich dem vierten zur eigentlichen Verdauung übergibt. Die Speiseröhre steht mit den drei ersten dieser Magen in allmählicher Verbindung, so daß sie sich in jeden öffnen oder geschlossen bis zum letzten derselben fortsetzen kann.

Was die auf die Verdauung wirkenden Sekretionen und die sie vermittelnden Drüsen betrifft, so bestehen sie in mikroskopischen

Bläschen, die gewöhnlich büschelweise in feine Kanälchen ausmünden, welche dann in Zweige und Äste zusammentreten, bald zwischen andern Geweben vertheilt und bald eigne auch äußerlich abgegrenzte

Fig. 126.

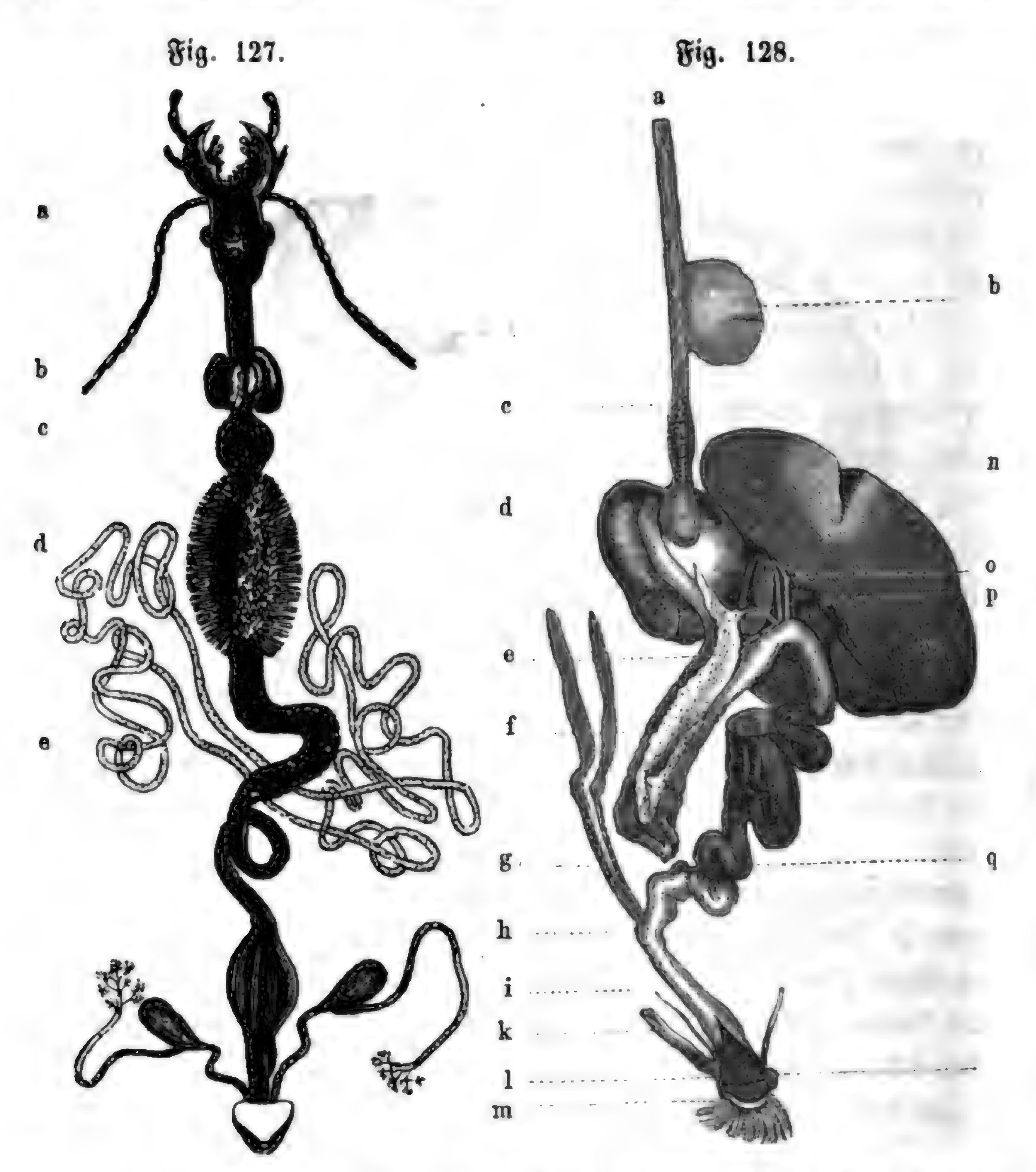


Krabbe: e Kaumagen mit ansehnlichen äußeren Muskeln m zur Bewegung der inneren Zähne; fo fo Leberdrüsen.

Massen-Organe bildend. Diese Bläschen nun scheiden aus dem mit ihnen in Berührung kommenden Blute bald diese und bald jene Art von Flüssigkeiten zu verschiedenen Zwecken aus, von welchen mehre eben dazu bestimmt sind, die Verdauung auf chemischem Wege zu befördern.

In der aufsteigenden Thier-Reihe treffen wir die ersten Speichel-Drüsen bei den Kopf-Mollusken (Fig. 121 g, 123 hh); unter den Kerbthieren aber, von wenigen Ausnahmen bei der Entomostraca abgesehen, erst wieder bei den Luft-athmenden Klassen und dann bei sämmtlichen Wirbelthieren (S. 205, Fig. 131, a b), wo sie sich immer mehr entwickeln, zuweilen jedoch auch einen giftigen Speichel absondern. Da die Bestimmung des gewöhnlichen Speichels jedoch nicht allein in der Beförderung der Verdauung, sondern auch in der Erleichterung des Schlingens besteht, so ist die Reichlichkeit und die Entwickelung der Speichel-Organe theils von der Art der Nahrung und theils von der Schwierigkeit des Schlingens

abhängig und mithin im letzten Falle um so größer, je mehr ein Thier genöthigt ist, seine Beute ganz und ungekäut zu verschlucken (z. B. die Schlangen). — Die Absonderung und Ergießung des



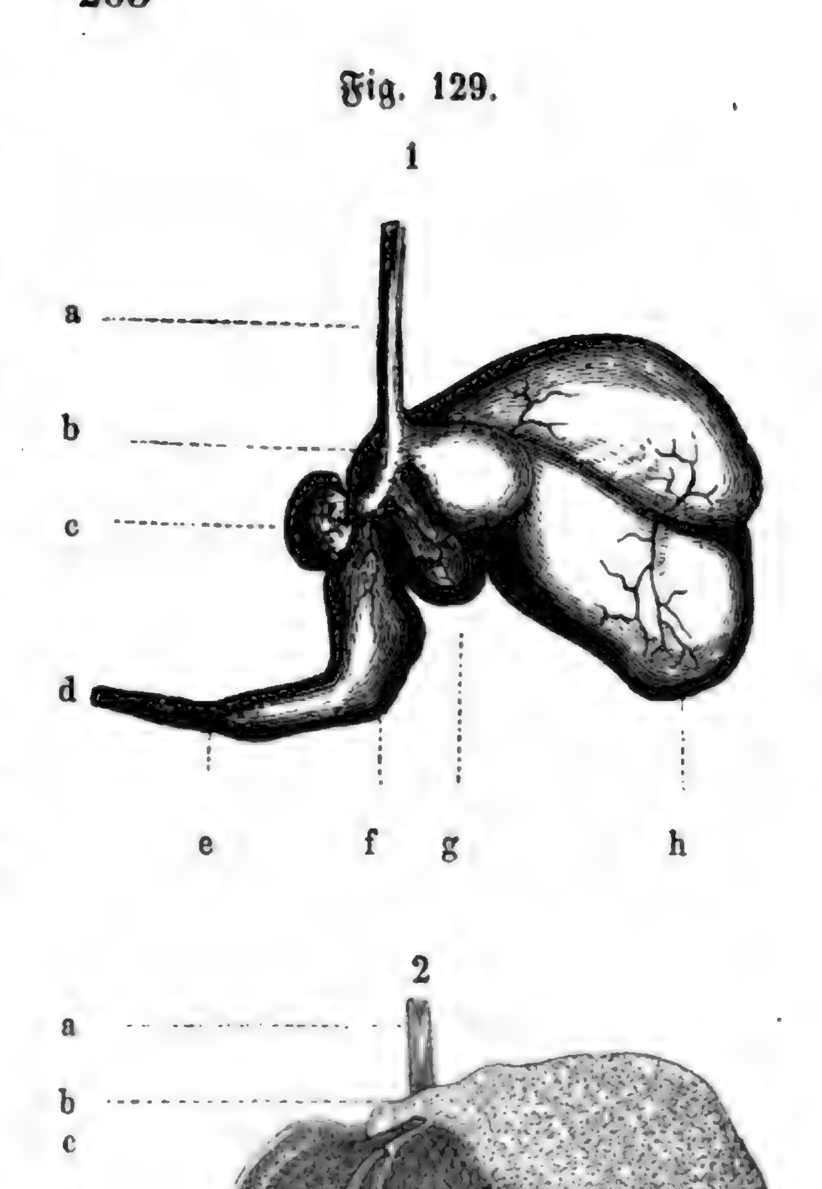
Carabus: a Kopf mit seinen Anhängen, b Kropf, c Kaumagen, d Chylus-Magen mit Galle-secernirenden Zotten. e Malpighische Gefäße.

Vogel: a Speiseröhre, b Kropf, c Drüsen-Magen, d Muskelmagen, e Bauchspeichel-Drüse, f Zwölffingerdarm, g Blinddärme, h Dickdarm, i Harnröhre, k Eileiter, l Geöffnete Kloake, m After, n Leber, o Gallenblase, p Gallengänge, q Dünndarm.

Magensaftes von den Wandungen des Magens (Fig. 114 bis 128, S. 195—202) beginnt in der Thier-Reihe zweifelsohne schon, sobald die Gewebe, welche diese Wandungen bilden, sich etwas zu differenziren beginnen. — Der Bauchspeichel wird von der neben dem

Magen gelegenen Bauch-speichel-Drüse oder dem Pankreas abgesondert, welcher sich aber erst bei den Cephalopoden und dann bei Wirbelthieren und zwar bei den zwei höheren Klassen derselben überall vorfindet (bei Vögeln S. 202, Fig. 128 e, bei Säugethieren, S. 191, Fig. 113 g, S. 205, Fig. 131 i). Aber seine Bestimmung ist noch nicht sicher ermittelt. Speichel-artig salzig, wie der Mund-Speichel, scheint er gleich diesem auf Stärkemehl zersetzend zu wirken, vielleicht aber auch die Galle zu verflüssigen, mit welcher er gleich hinter dem Magen in den Dünndärmen zusammentrifft. — Die Galle endlich wird von den sogenannten Leber-Gefäßen oder der massigen Leber schon von den Polypen (Actinia S. 195, Fig. 114 d) und ? Hydren an aufwärts, doch mit Umgehung fast aller Aktinozoen, bei den Tunikaten und andern Weichthieren (S. 198 bis 200, Fig. 120 h, 121 l, 122 l, 123 e f), und dann wieder mit Ausnahme der meisten ohnedieß Darm- und After-losen Würmer bei den Thieren aller höheren Klassen gefunden. Sie ergießt sich in den Magen oder in den dahinter beginnenden Dünndarm. Die Leber-Drüsen sind anfangs in und an den Wänden des Darm-Kanals selbst enthalten, kommen dann als äußre Umhüllung desselben vor, differenziren sich immer mehr von ihm, sondern sich allmählich als

Fig. 129.



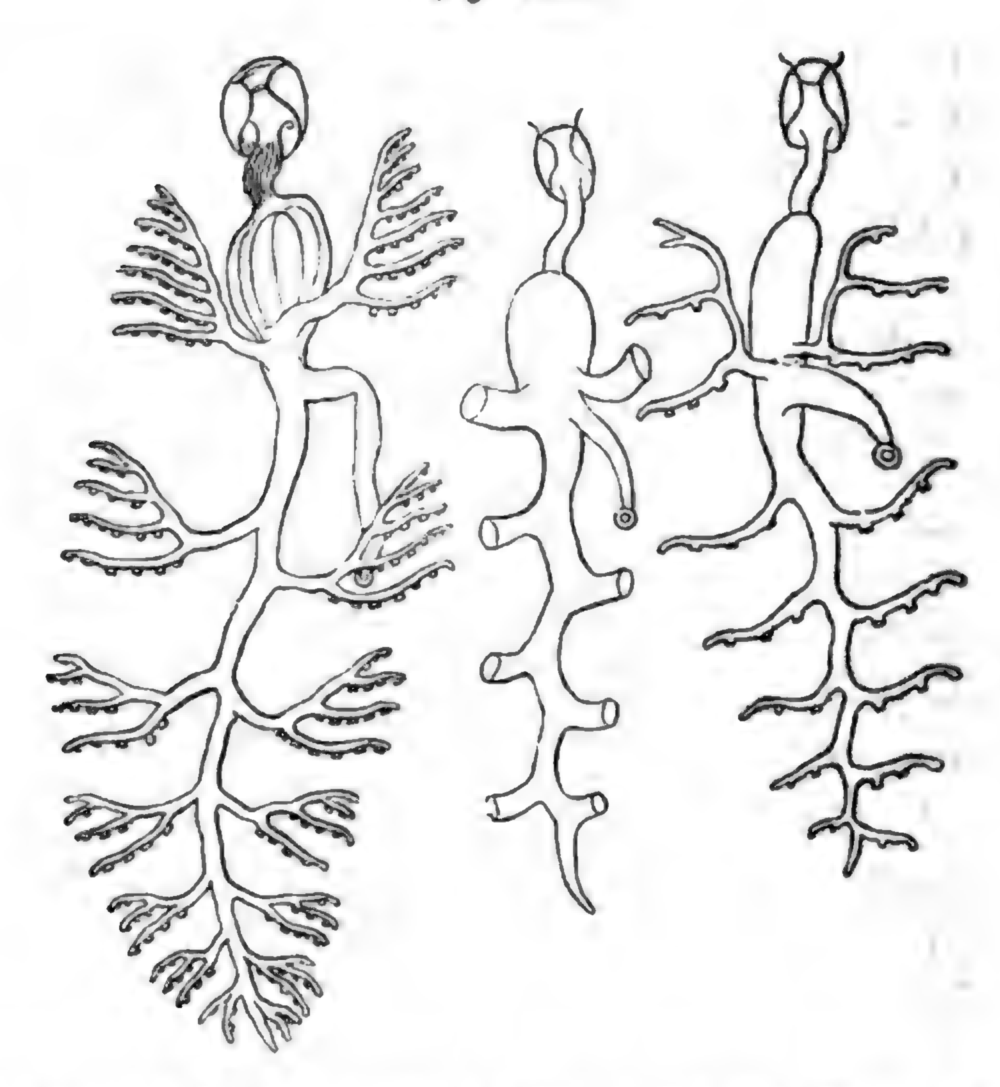
Ovis:

1) a Speiseröhre, b Cardia, c Dritter oder Blättermagen, d Dünndarm, e Pylorus, f Vierter oder Laabmagen, g Zweiter oder Netzmagen, h Erster Magen oder Pansen.

2) a Speiseröhre, b Cardia, c Rinne, d Blättermagen, e Laabmagen, f Netzmagen, g Pansen.

ein ansehnliches und selbstständiges Organ ab, das nur durch wenige enge Ausführungs-Kanäle mit jenem in Verbindung bleibt. Bei den sogenannten Phlebenteraten unter den Gastropoden bilden diese Drüsen die in den freien Kiemen-Büscheln des Rückens gelegenen Fortsetzungen der Verzweigungen des Darm-Kanales (Fig. 130).

Fig. 130.



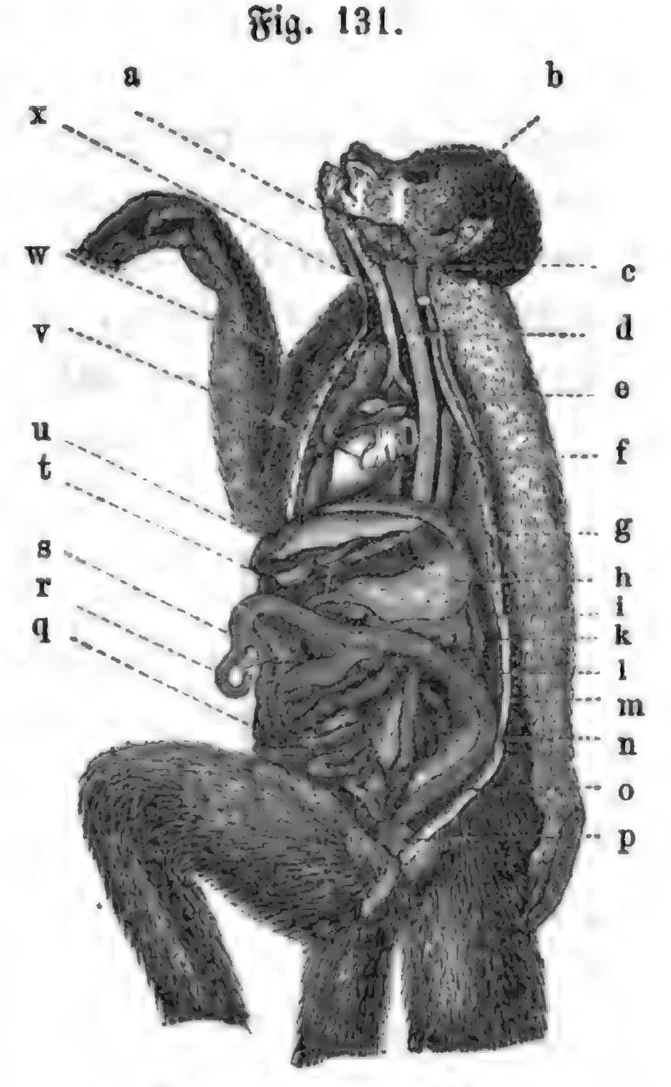
Von verschiedenen Phlebenteraten: der Mund, Schlund, Magen mit seinen Verästelungen und Leber-Schläuchen, After.

Bei den meisten Kerbthieren haben sie die Form von Faden- oder von Zotten-förmigen Anhängen*) oder von gewundenen Kanälen und Gängen (S. 201, Fig. 126 fo; S. 202, Fig. 127 d); bei den höheren Wirbelthieren bilden sie eine zweilappige Masse (S. 202, Fig. 128 n; S. 191, Fig. 113 d; S. 205, Fig. 131 u), neben der sich auch noch eine eigne Gallen-Blase (S. 191, Fig. 113 e; S. 202, Fig. 128 o; Fig. 131 t) entwickelt, deren Bestimmung es

*) Es ist noch ungewiß, in wie weit diese Darm-Zotten und Malpighi'schen Gefäße der Kerbthiere Fig. 127 d, S. 202, wirkliche ausschließliche Gallen-Gefäße sind oder zugleich als Harn-Absonderungs-Organe thätig erscheinen.

ist, die Galle in Vorrath aufzubewahren, um sie gerade in den Augenblicken, wo der Speise-Brei in den Dünndarm tritt, desto reichlicher in diesen ergießen zu können. Aber auch hier treffen wir überall auf Schwankungen und, wie schon die oben erwähnten Ausnahmen andeuten, selbst auf Rückschritte, so oft wir in einen neuen Thier-Kreis eintreten. Einen der merkwürdigsten bietet das unvollkommenste Geschöpf des obersten Kreises dar, das Branchiostoma (oder Amphiorus, Fig. 149), wo die ganze Leber nochmals auf einen Blindsack des Darmes zurückgeführt, wie die peristaltische Bewegung dieses letzten noch ganz durch Flimmer-Thätigkeit ersetzt zu sein scheint? — Das Ende der Därme wird zur Kloake, wenn es außer den unassimilirt gebliebenen Speise-Resten auch noch den Inhalt der Harn- und Genital-Drüsen in sich aufnimmt. Die Ausmündungen dieser zwei Drüsen scheiden sich jedoch wenigstens in der obersten Klasse des Thier-Reiches, wo nur noch die Monotremen als die unvollkommensten unter ihnen eine anfängliche Ausnahme machen, vollständig vom Darm-Ende ab, wenn auch nur um unter sich in einen gemeinsamen Ausführungs-Gang zusammen zu treten. — Von ihnen wird erst weiter unten die Rede sein.

Fig. 131.



Eingeweide eines Affen: a Unterkieferspeicheldrüse, b Ohrspeicheldrüse, c Schlund, d Speiseröhre, e Brustkasten- f Aorta, g Zwerchfell, h Magen, i Bauchspeicheldrüse, k Milz, l Nieren, m Colon, n Unterleib, o Mastdarm, p Harnblase, q Dünndärme, r Blinddarm, s Colon, t Gallenblase, u Leber, v Herz, w Lungen, x Luftröhre.

Es bleibt noch anzuführen, daß ebenfalls nur bei der obersten Klasse der Wirbel-Thiere die innere Scheidung von Brust- und Bauch-Höhle durch das Zwerchfell vermittelt wird (Fig. 131 g).

Das Kreislauf-System ist unter allen zur Ernährung mitwirkenden Theilen am wenigsten von äußeren Existenz-Bedingungen abhängig, dem ungeachtet außerordentlich veränderlich je nach Maaß-

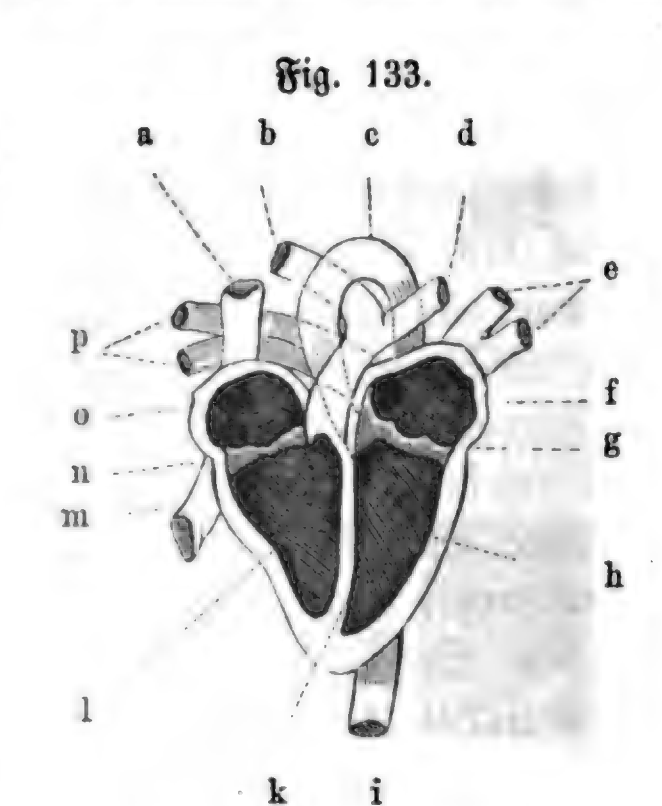
gabe des Grund=Planes der verschiedenen Thier=Kreise, je nach den Erfordernissen der Gesetze progressiver Entwickelung und je nach der Respirations=Weise durch Kiemen, Tracheen oder Lungen. Auf seiner höchsten Ausbildungs=Stufe betrachtet, besteht es 1) aus Saugadern und Lymph=Gefäßen, welche die assimilirbaren Stoffe in flüssiger Lösung aus den Därmen und insbesondre aus den Dünndärmen ziehen und nach erfolgter Vereinigung in einen gemeinsamen Stamm, den Milch=Brustgang, diesen ihren Inhalt in die linke Schlüsselbein=Vene ergießen; — dann 2) aus einem vierkammerigen Herzen (Fig. 132, 133), — und 3) aus Adern und zwar theils derben

Fig. 132.



Herz eines Säugethiers:
r a rechter Vorhof;
r v rechter Ventrikel;
l a linker Vorhof;
l v linker Ventrikel.

Fig. 133.

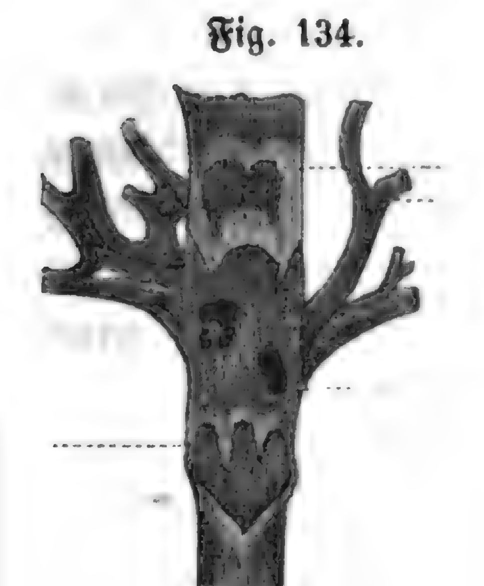


Herz eines Säugthiers:
a Obere Hohlvene, b Lungenarterie, c Aorta, d Lungenarterie, e Lungenvenen, f linker Vorhof, g Öffnung, h linke Kammer, i Aorta, k Septum der Kammern, l rechte Kammer, m untere Hohlvene, n Öffnung, o rechter Vorhof, p Lungenvenen.

elastischen Arterien und theils häutigen mit inneren Klappen versehenen Venen (Fig. 134). — Von den beiden Vorkammern des Herzens nimmt die rechte das in den Venen aus dem Körper zurückkehrende venöse, und die linke das aus den Lungen zurückkommende arterielle Blut auf; jede von ihnen übergibt das empfangene Blut der zunächst unter ihr gelegenen Herzkammer, aus welcher die Pulsationen des Herzens nun das venöse aus der rechten Kammer durch die Lungen=Arterie in die Lungen zur Respiration, das arterielle aus der linken durch die Körper=Arterie oder Aorta in den Körper zur Ernährung desselben fortleiten (Fig. 135). Klappen, zwischen den Kammern des Herzens und am Anfange der Arterien

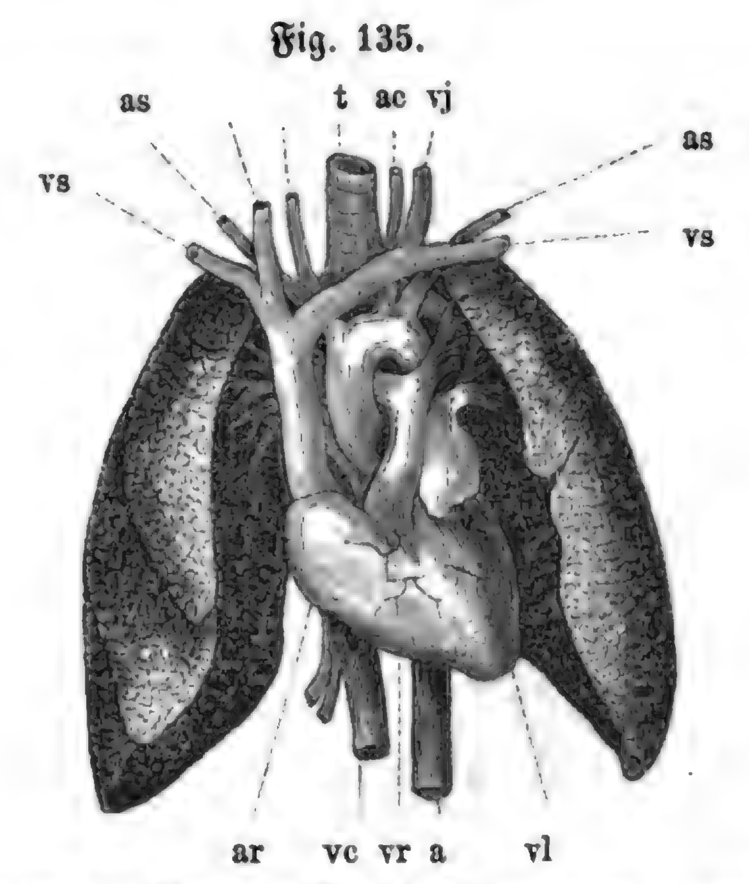
gelegen, hindern den Rücktritt des Blutes bei der Wiederausdehnung des kontrahirten Herzens in dasselbe. Die äußersten Verzweigungen beider Arterien-Arten lösen sich in das feinste Kapillar-Gefäßsystem

Fig. 134.



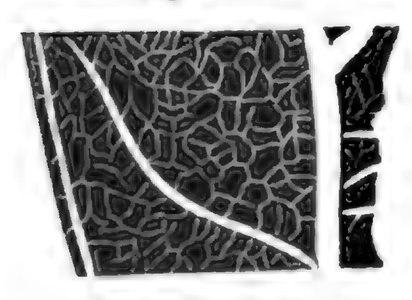
Venen-Stück mit seinen Klappen im Innern.

Fig. 135.



Lungen und Herz des Menschen (von vorn): ar rechter Vorhof, vr rechte Kammer, vl linke Kammer, a Aorta, vc untere Hohlvene, ac Kopf-Arterien, vj Hohlvenen, vs vs Arm-Venen, as Arm-Arterie, t Luftröhre.

Fig. 136.



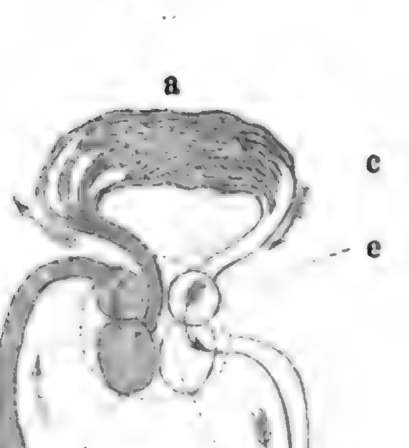
Kapillar-Gefäße.

auf (Fig. 136), das in ein ähnliches aus Venen gebildetes Netz übergeht, aus welchem sich allmählich die Venen-Stämme entwickeln, welche das arteriell gewordene venöse Blut aus der Lunge und das venös gewordene arterielle Blut aus dem Körper wieder ins Herz zurückführen. So entsteht der große Kreislauf des Blutes durch den Körper und der kleine durch die Lungen (Fig. 137, S. 208). So zusammengesetzt nun aber auch dieser Apparat, so vollkommen die Theilung der Arbeit zwischen seinen einzelnen Bestandtheilen durchgeführt ist, so klein und unscheinbar sind die Anfänge des Blut-Kreislaufes in den untersten Verzweigungen des Systemes; ja er tritt erst sehr spät in bestimmterer Weise auf.

Während in der Sarkode-Masse der Rhizopoden (S. 55 und 56, Fig. 32—35) überall ein einförmig körniger und flüssiger Stoff gleichmäßig gemengt erscheint, ist in der der Infusorien fast stets noch eine weiße „kontraktile Blase“ erkennbar, von welcher, einigen neuesten

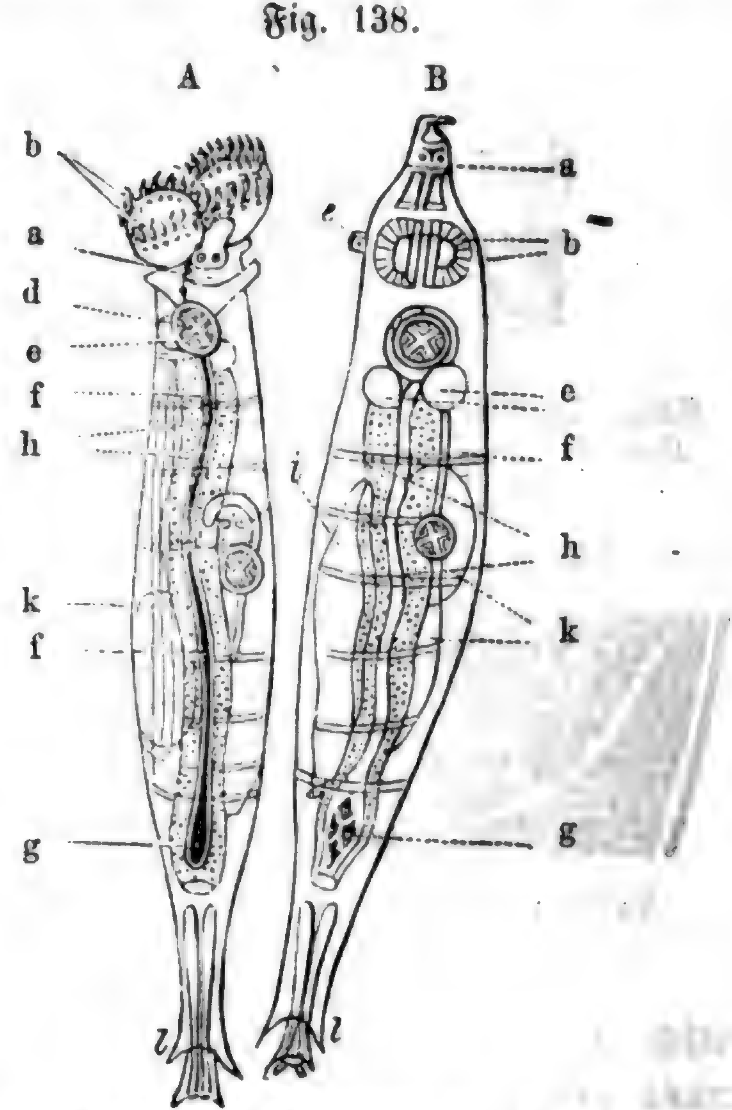
glücklichen Beobachtungen zufolge, viele und bis 2—3 Dutzend äußerst feine Kanälchen (? Lücken) ausstrahlen und sich während der Kontraktionen jener Blase (S. 55, Fig. 34 c) erweitern, daher wohl eine Art Säfte-Bewegung zu vermitteln scheinen. Auch die Gregarinien und andere Binnenwürmer (S. 135, Fig. 76; S. 162, Fig. 78) ermangeln mit dem Darme des Gefäß-Systemes. Eben so besitzen die mit einem einfachen Darme versehenen Strudel- und Faden-Würmer, Räderthiere (Fig. 138), Cirripeden und parasitischen Entomostraceen

Fig. 137.



Großer und kleiner Kreislauf bei Säugethieren und Vögeln: a kleiner oder Lungen-Kreislauf; b Lungenarterie; c Lungenvenen; d rechter Vorhof; e linker Vorhof; f Herz; g Körpervenen-System; h Aorten-System; i rechte Kammer; k linke Kammer; l Körper oder Lungenkreislauf.

Fig. 138.



Rotifer: a Kopf mit Augenpunkten; b Räderapparat, bei A ausgestülpt, bei B eingezogen; c Nackenröhre, Sipho, zum Einlassen des Wassers in die Leibes-Höhle; d Zahn-Apparat; e Speicheldrüsen; f Darm mit End-Erweiterung g und Leberbeleg h; i k Junge im Innern der Leibes-Höhle in verschiedener Entwickelung, zum Theil schon mit Zahn-Apparat; l Schwanz-Spitze.

keinen besonderen Blutkreislauf-Apparat. Bei den Polypen, Medusen, Bryozoen, vielen nacktkiemenigen Gastropoden (Phlebenteraten) und vielen Würmern (Trematoden, Planarien) und Pyknogoniden dagegen verästelt sich der meist noch Wand-lose innere Körper-Raum oder der mit einer eignen Wand versehene Magen (S. 195) durch alle

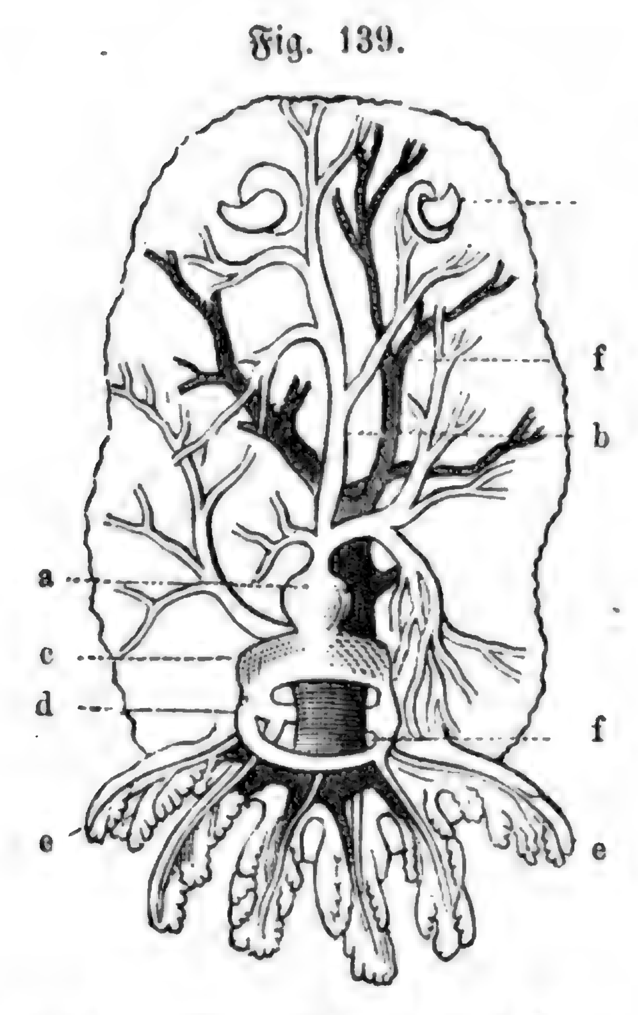
Theile des Körpers und bringt, meist durch Flimmer-Bewegung unterstützt, die feinsten und theilweise schon chemisch zersetzten Bestandtheile der aufgenommenen Nahrungs-Stoffe unmittelbar mit denselben in Berührung; Verdauungs- und Kreislauf-Organe sind folglich bis dahin noch nicht unterschieden.

Bei den übrigen Thier-Klassen tritt ein abgesondertes (immer?) pulsirendes Gefäß-System erst von den Krinoiden und andern höheren Echinodermen an auf. Bei den zuerst genannten gelangt die im Darmrohre gewonnene Nahrungs-Flüssigkeit, durch eine Art Sieb gereinigt, in ein darunter im Grunde des Rumpfes gelegenes Säckchen, von welchem aus sie sich durch Gefäß-Verzweigungen sowohl in der Achse des Stieles als durch die Arme bis in die feinsten Ranken derselben verbreitet; doch sind dieselben noch von einerlei Art und ist ein etwaiger Unterschied zwischen Arterien und Venen noch nicht zu erkennen. Dieser kommt erst bei den höheren Echinodermen zum Vorschein, indem bei den Seeigeln meistens zwei Gefäß-Ringe unterschieden werden, welche den unteren und den oberen Pol des Körpers umgeben und öfters einfache meridianale Verzweigungen absenden; der den Mund umgebende Ring wird als arterieller betrachtet und bildet eine Herz-artige Erweiterung; der andere scheint venös zu sein. Bei den Holothurien begleiten schon zwei pulsirende und ästige Gefäß-Stämme, die aus einem den Mund umgebenden Ringe entspringen, den Darm in seinem Verlaufe; der an dessen Zentral-Seite hinziehende Stamm scheint eine Arterie, — der auf der gegen die Körper-Wand gerichteten Seite, welcher auch in die vom Darme gebildete Falte eintritt und sich in die Kiemen verzweigt, würde dann eine Vene sein.

Nachdem der Kreis der Weichthiere, wie schon vorhin erwähnt, mit der Gefäß-losen Klasse der Bryozoen begonnen, zeigt sich in allen folgenden Klassen derselben ein Herz mit den Körper durchziehenden Kanal-Verzweigungen, welche jedoch anfänglich, bei den Tunikaten nämlich, noch keine Gefäß-Wandungen und keinen Unterschied zwischen Arterien und Venen erkennen lassen; das pulsirende Herz treibt die farblose Ernährungs-Flüssigkeit abwechselnd nun nach einer Richtung und nun nach der entgegengesetzten durch Körper und Kiemen vorwärts. Die Palliobranchiaten haben 1—2 getrennte gleiche Herzen am Grunde eines jeden der zwei Mantel-Lappen mit eben so vielen ästigen Stämmen und einem venösen Rand-Gefäße. Die Lamellibranchiaten besitzen ein Herz aus einer Kammer und einer

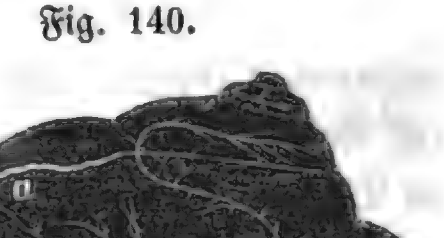
Vorkammer bestehend; jene sendet eine obre und eine untre Aorta durch den Körper, aus welchem sich das Blut in einen venösen Sinus sammelt und durch zahlreiche venöse Gefäße in die jederseits des Körpers gelegenen zwei Kiemen-Blätter übergeht, woraus es dann

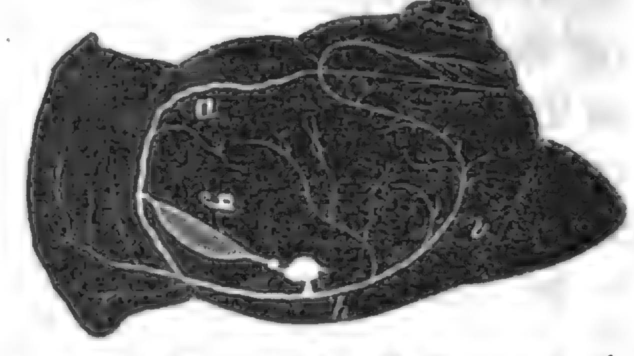
Fig. 139.



Doris: a Ventrikel, b Kopf-Aorta, c Vorhof, d Kiemen-Vene, e e Kiemen, f Vena cava. Die Lücken zwischen den Arterien und Venen sind nicht gezeichnet.

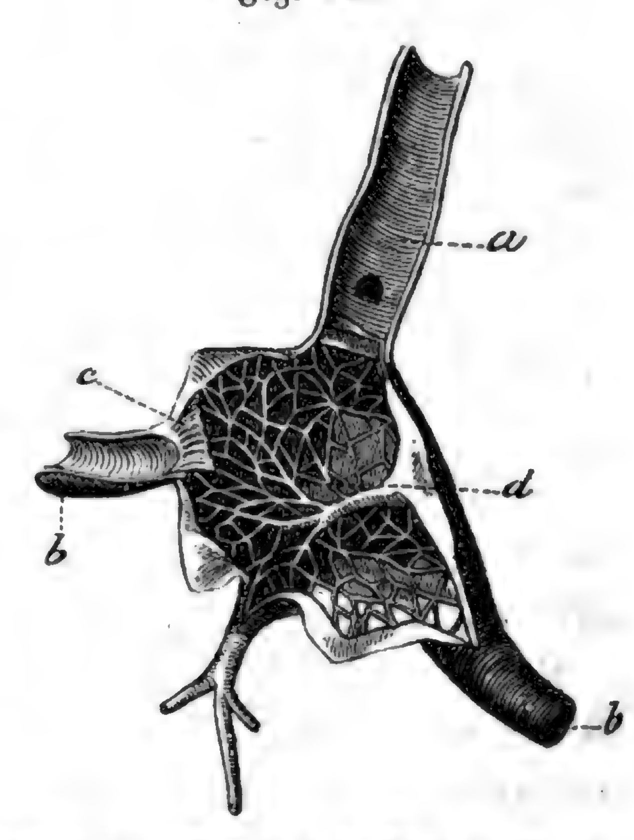
Fig. 140.





Natica: als Beispiel der Gastropoden dienend für die Lage des Ventrikels h, der Kiemen g, Arterien a und Venen v.

Fig. 141.

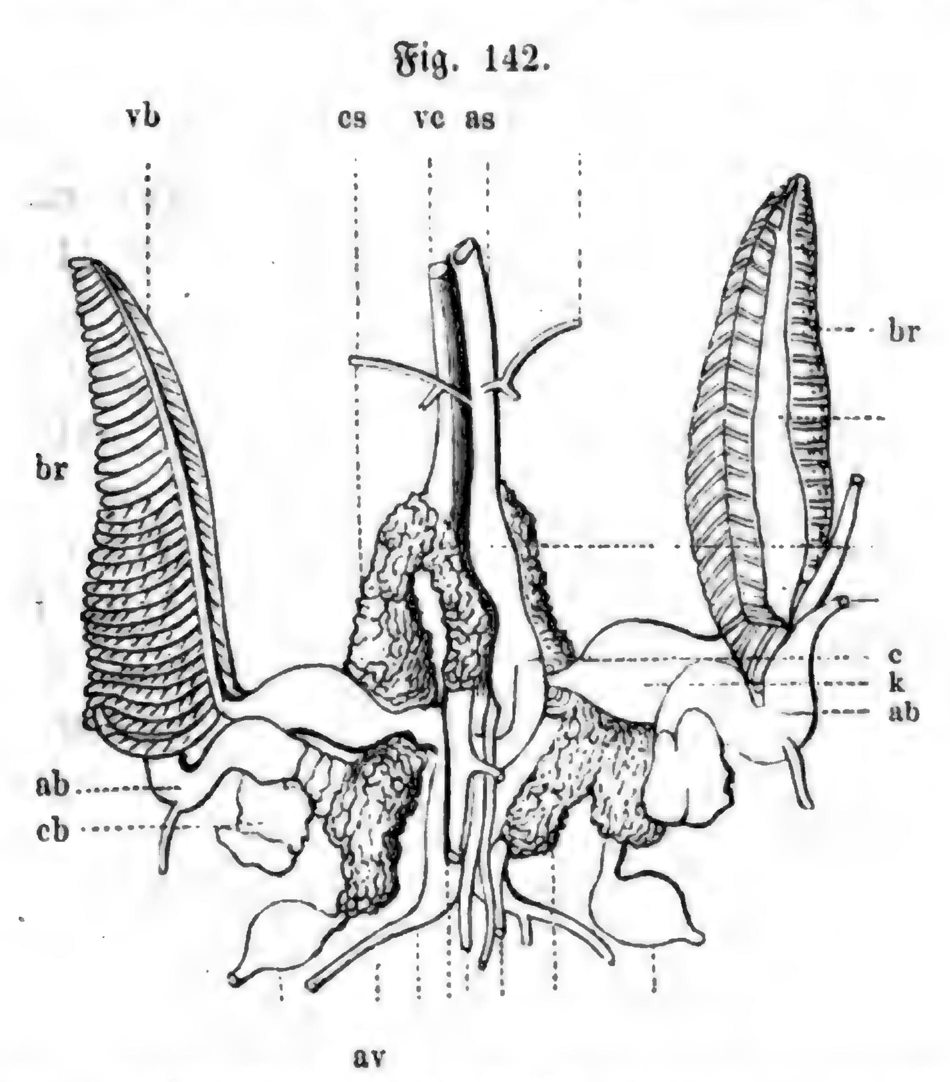


Octopus: a Aorta, b b Kiemen-Venen, c Klappen, d Muskel-Verzweigungen.

wieder durch zwei große Stämme in die Vorkammer gelangt. Den zwei nächsten Klassen pflegen im Gegensatze zu den zwei vorigen wieder die eignen Wandungen der feineren und insbesondre aller Kiemen- und Venen-Gefäße zu mangeln. Die Pteropoden (S. 221) und Gastropoden (S. 72) besitzen ein Herz, meist aus Kammer und 1 — 2 Vorkammern gebildet, welches je einen Arterien-Ast nach dem Kopfe und den Eingeweiden sendet, woraus sich das Blut durch Lücken im Zellgewebe zu den Kiemen begibt und von diesen zu den Vorkammern zurückströmt (Fig. 139, 140). Die

Cephalopoden endlich zeichnen sich durch ein Körper-Herz mit zwei Vorkammern, eine vorwärts zum Kopfe und Mantel und eine rückwärts zum Rumpfe führende Aorta aus, welche durch geschlossene Haar-Gefäße in Venen übergehen, deren Zweige sich in 2 Stämme sammeln, die in 2 Venen-Herzen einmünden, von welchen das Blut in die Kiemen geleitet wird und, aus deren vielfältigen Verzweigungen gesammelt, endlich in die 2 Vorkammern zurückkehrt (Fig. 141, 142).

Fig. 142.

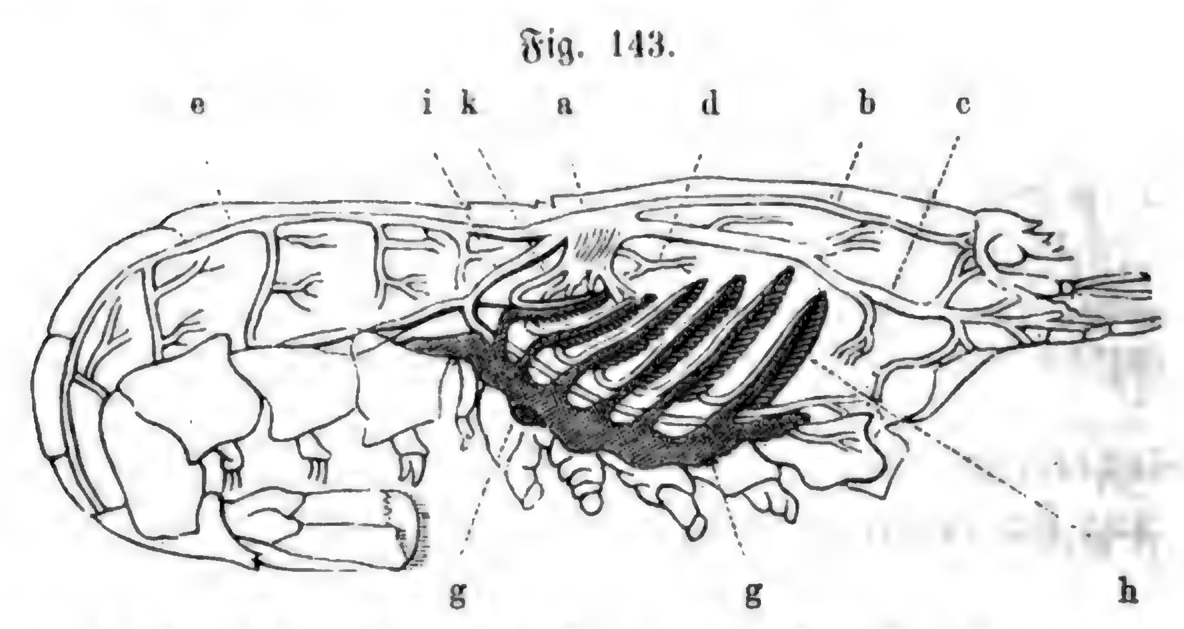


Cephalopode: c Herz, as Kopf-Aorta, av Bauch-Aorta, vc Hohlvene, cs Kiemen-Arterien mit Nieren, ab sogenannte Kiemen-Herzen mit Anhängen cb, br Kiemen, vb Kiemen-Vene mit Herzohr-artiger Erweiterung k vor dem Eintritt ins Herz c.

Nachdem wir hier das Gefäß-System durch fortschreitende Differenzirung sich immer mehr ausbilden sahen, treten wir in den Kreis der Kerbthiere ein, wo wir dasselbe sogleich wieder fast auf seiner tiefsten Stufe erblicken und es sich sofort auf's Neue erheben, doch — da mit den Luft-Insekten die Tracheen-Respiration beginnt — auch wieder tiefer sinken sehen. Schon oben (S. 194) haben wir erwähnt, daß die Darm-losen wie auch manche andere Eingeweide-Würmer kein Darm- und Kreislauf-System besitzen, wie es auch den unvollkommnen Kruster-Formen, den Rotatorien, den parasitischen Lernäen u. s. w. fehlt. Einige Würmer besitzen zwar sehr Ast-reiche Gefäße, in welchen

jedoch noch kein Herz nachweisbar ist, obwohl sich pulsirende Arterien-Stämme am Rücken, das Blut aus den Kiemen beziehend, und Venen-Stämme am Bauche, welche es an diese abliefern, unterscheiden lassen. Da aber beide entweder durch starke Queeräste oder durch Zellgewebe-Lücken mit einander und beim Blutegel noch mit zwei andern an den Seiten rechts und links gelegenen und ebenfalls pulsirenden ästigen Gefäßen in Verbindung stehen, so ist die Scheidung der beiderlei Blut-Arten nicht strenge. Im Gegensatze zu ihnen besitzen die meisten Kruster und insbesondre die Malacostraca ein Herz oben am Rücken, das bei seinen Zusammenziehungen das Blut durch eine vordere und eine hintere Arterie nach Kopf und Rumpf austreibt und bei seinen Expansionen durch (1—20 Paar) seitliche Öffnungen, deren Klappen sich einwärts öffnen, wieder anderes aus der Umgebung aufnimmt; — aber den Weg zu den Kiemen und zurück muß es durch Kanäle machen, welche, anfangs Wand-los, sich auf der höheren Organisations-Stufe der Krebse ꝛc. immer mehr Gefäß-artig ausbilden, obwohl auch bei den höchsten Kruster-Formen noch lang-gestreckte Lücken, ein venöser Sinus am Bauche (g) das Blut vor seinem Eintritte in die Kiemen und ein arterieller am Rücken das von diesen kommende Blut vor seinem Eintritte ins Herz, aufnehmen (Fig. 143, 144).

Fig. 143.

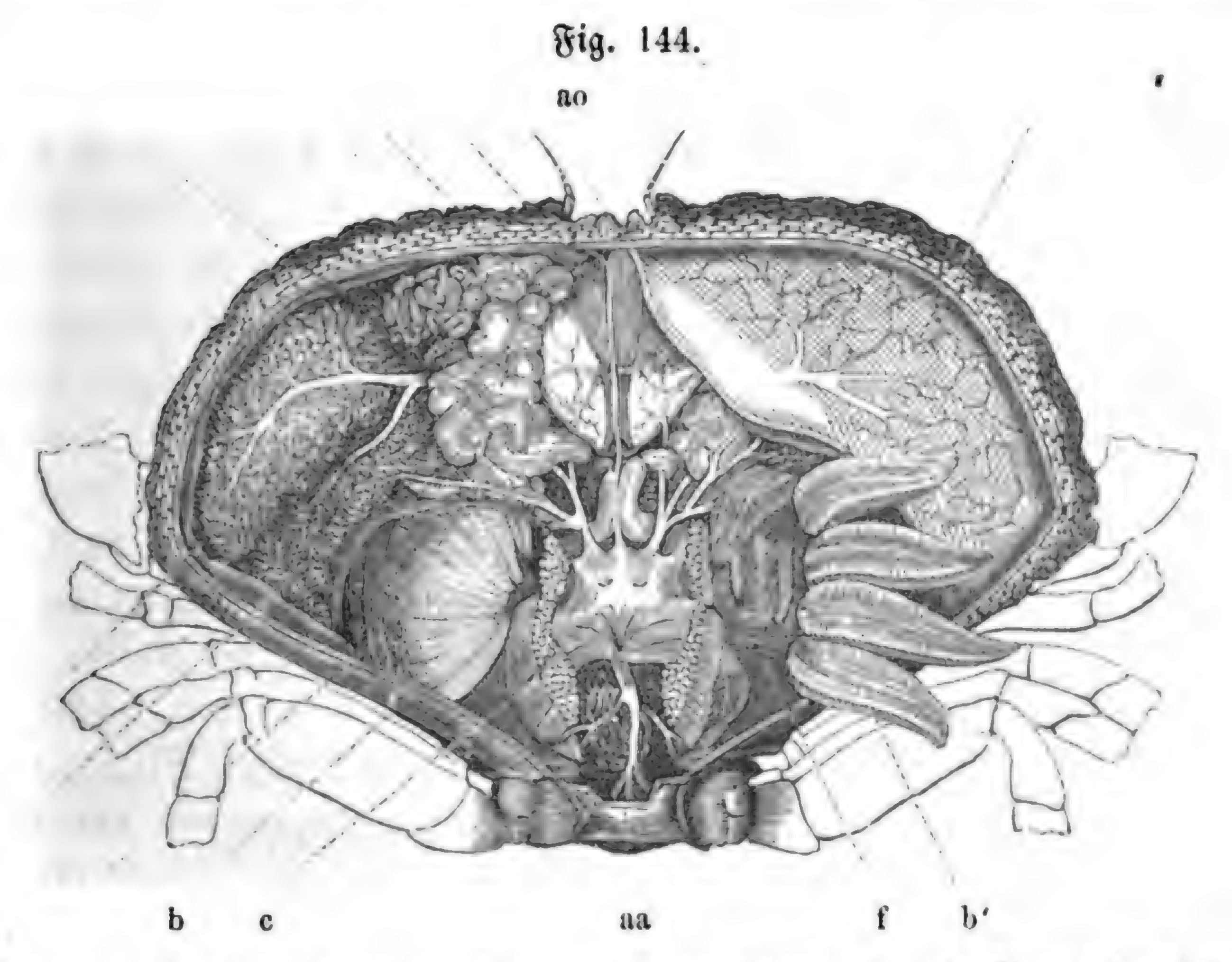


Astacus: a Herz; b Aorta ophthalmica; c Aorta cephalica; d Arteria hepatica; e Aorta abdominalis superior; i Aorta abdom. inferior; g g sinus subspinalis; h Kiemen; k Kiemen-Gefäße.

Mitten im Kreise der Entomozoen vereinfacht sich plötzlich der Kreislauf auf's Neue, theils weil die hier beginnende Luft-Respiration, anfangs noch an kein beschränktes Körper-Organ gebunden, mehr oder weniger sich durch den ganzen Körper erstreckt, theils weil

auch hier wieder einige Gruppen parasitischer und anderer tiefer stehender Arachnoideen sich einfinden (die noch Wasser-bewohnenden Pyknogoniden, die Tardigraden und Milben), welche gar kein Kreislauf-

Fig. 144.

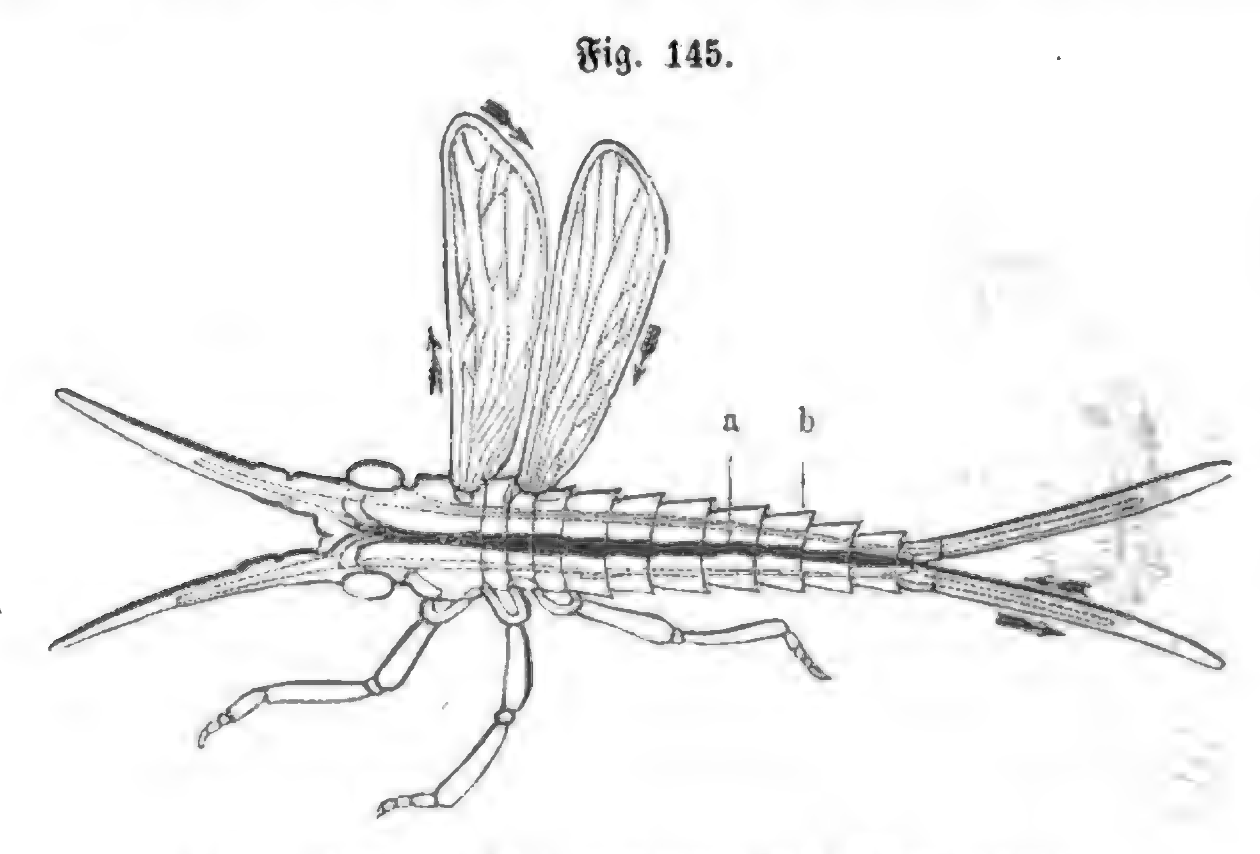


Cancer: c Herz; ao Aorta cephalica; aa Aorta abdominalis; b Kiemen der linken Seite, in situ; b' Kiemen der rechten Seite, zum Theil zurückgeschlagen; f Boden der Kiemenhöhle.

System, ja mitunter (die zuerst-genannten) nicht einmal ein Abdomen besitzen. Überall sonst ist zwar ein Herz von eigenthümlichem Bau vorhanden, aber nicht immer von entwickelteren Gefäßen begleitet. Es zieht sich in Spindel-Form mitten unter dem Rücken hin und sendet eine Aorta nach vorn, durch welche es bei jeder Kontraktion das Blut vorwärts ins Zellgewebe ergießet, um dann bei jeder Expansion anders durch jene Seiten-Öffnungen wieder aufzunehmen, deren einwärts aufgestoßenen Klappen in seiner Mitte, insbesondre bei den Hexapoden, oft so nahe zusammen reichen, daß sie das Herz augenblicklich in Kammern abtheilen. Solcher Kammern sind bei den Sechsfüßern gewöhnlich 8—9; denn sie haben meistens 7, wie die Arachnoideen 5, die Kruster 1—20, die Myriopoden 20—100 Paar Seiten-Öffnungen. Gewöhnlich bewegt sich das Blut dann während seines weitren nicht geschlossenen Kreislaufes nur durch Lücken im Zellgewebe, das voll von Luft-Kanälen ist, sogar bis in die Flügel

(Fig. 145). Das Herz oder Rückengefäß ist länger gestreckt bei den Myriopoden und Hexapoden, kürzer bei den meisten ächten Arachnoideen (Fig. 146). Bei diesen letzten, und insbesondre beim Skorpione,

Fig. 145.



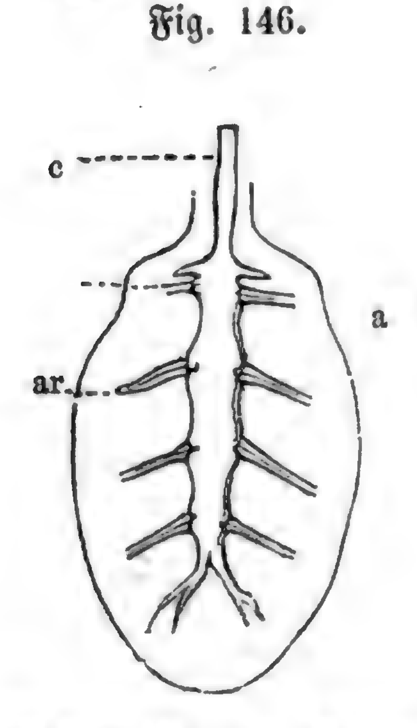
Agrion-Larve: a Herz, b wandungslose Seiten-Ströme.

wo die Respiration u. s. w. mehr auf das Abdomen beschränkt, also mehr lokalisirt erscheint, aber auch bei einigen vollkommneren Myriopoden ist nach den schönen Untersuchungen von Newport und Th. Williams das Gefäß-System vollständiger; die Kopf-Aorta sendet Zweige zu den Kiefern und Beinen und umgibt den Schlund mit zwei Ästen in Form eines Ringes, aus dessen unterer Mitte eine „Spinal-Arterie" über dem Bauch-Marke bis ans Hinterende des Körpers läuft und zahlreiche Äste ausschickt, wovon sich ein Theil zu der darunter gelegenen eben so langen und in gleicher Richtung hinziehenden „Spinal-Vene" begibt, welche das Blut nach den Lungen-Säcken sendet, von wo es, öfters in geschlossenen Gefäßen wie bei den höheren Krustern, durch den das Herz wie ein Herzbeutel umgebenden Sinus in das Herz zurück-gelangt. Bei den Spinnen mit zusammengesetztem Spinn-Apparate sind die von hinten mit dem Herzen kommunizirenden Seiten-Gefäße stärker (Fig. 146). Auch bei den Myriopoden ist das Gefäß-System dem der Skorpione ähnlich ausgebildet.

Wir kommen endlich beim obersten Kreise des Thier-Reiches an, wo das Kreislauf-System am vollkommensten ist (Fig. 147): durch

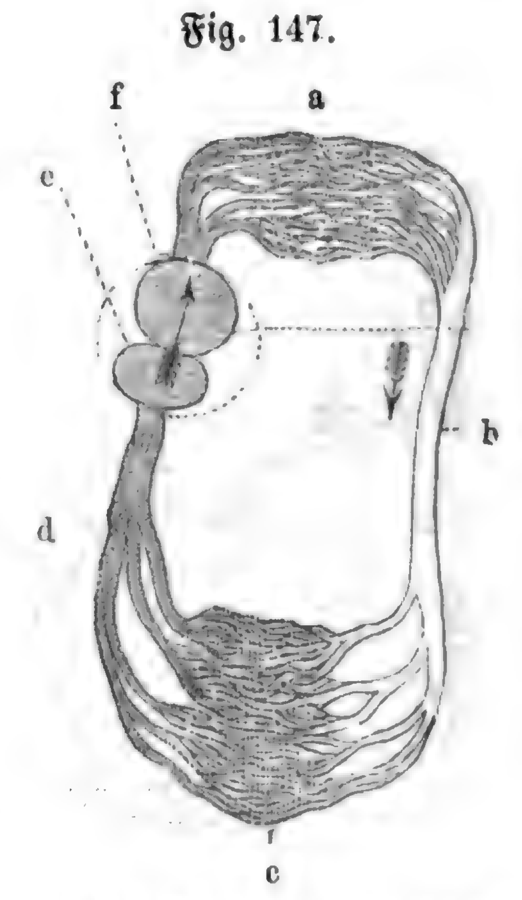
die energische Thätigkeit des Herzens, dessen Kammern nicht mehr einfache Höhlen, sondern in allen Richtungen von starken Muskel-Bündeln durchsetzt sind, — durch die vollkommene Schließung des

Fig. 146.



Rückengefäße einer Spinne: a Abdomen; ar in's Herz eintretende Venen-Stämme aus den Kiemen; c Kopf-Arterie.

Fig. 147.

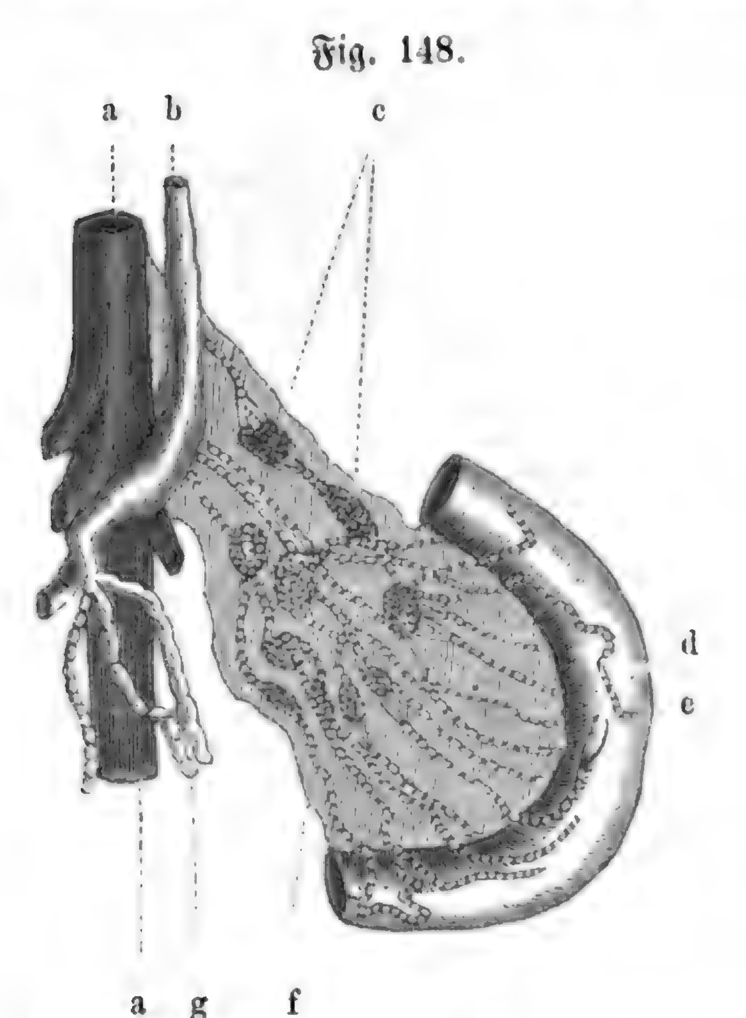


Schema des Kreislaufes bei Fischen: a Kleiner oder Kiemen-Kreislauf; b Aorta; c Körper-Kreislauf; d Körper-Venen; e Vorhof; f Kammer.

Kreislaufes bis in seine feinsten Kapillar-Gefäße vermittelst selbstständiger Wandungen und mit Ausschluß aller Lücken oder Sinusse (S. 207, Fig. 136), — endlich, von den Reptilien an, durch das immer mehr fortschreitende häufiger gesonderte Auftreten wohl entwickelter Saugadern (neben den Kapillar-Gefäßen, welche bisher deren Amt verwaltet) längs den Dünndärmen (Fig. 148, S. 216), um die Nahrungs-Flüssigkeit (Chylus, Milchsaft) aus dem Speisebrei oder Chymus zu schöpfen und durch die in den Milchbrustgang zusammentretenden Lymph-Gefäße in das venöse Blut zu ergießen (S. 206—207, Fig. 132—134). Aber auch dieser höchste Typus, der der Wirbelthiere, ist genöthigt, wieder mit Wasser-Respiration zu beginnen und dabei von einer Fisch-Sippe auszugehen, die, zwar nach dem Plane der Wirbelthiere gebaut, doch in der relativen Differenzirungs- und Selbstständigkeits-Stufe ihrer sämmtlichen Organe weit unter den Cephalopoden bei den Mollusken steht. Es ist Branchiostoma, welches statt des Herzens nur mehrfache pulsirende Gefäße mit farblosem Blute besitzt (Fig. 149, S. 216). Im Übrigen bildet das Kreislauf-System der Wirbelthiere

noch drei sehr natürliche Abstufungen. Das Herz der Fische enthält nur eine Kammer und einen Vorhof (Fig. 147, 150), diesen zur Aufnahme des Blutes aus dem Körper bestimmt, jene es durch einen

Fig. 148.



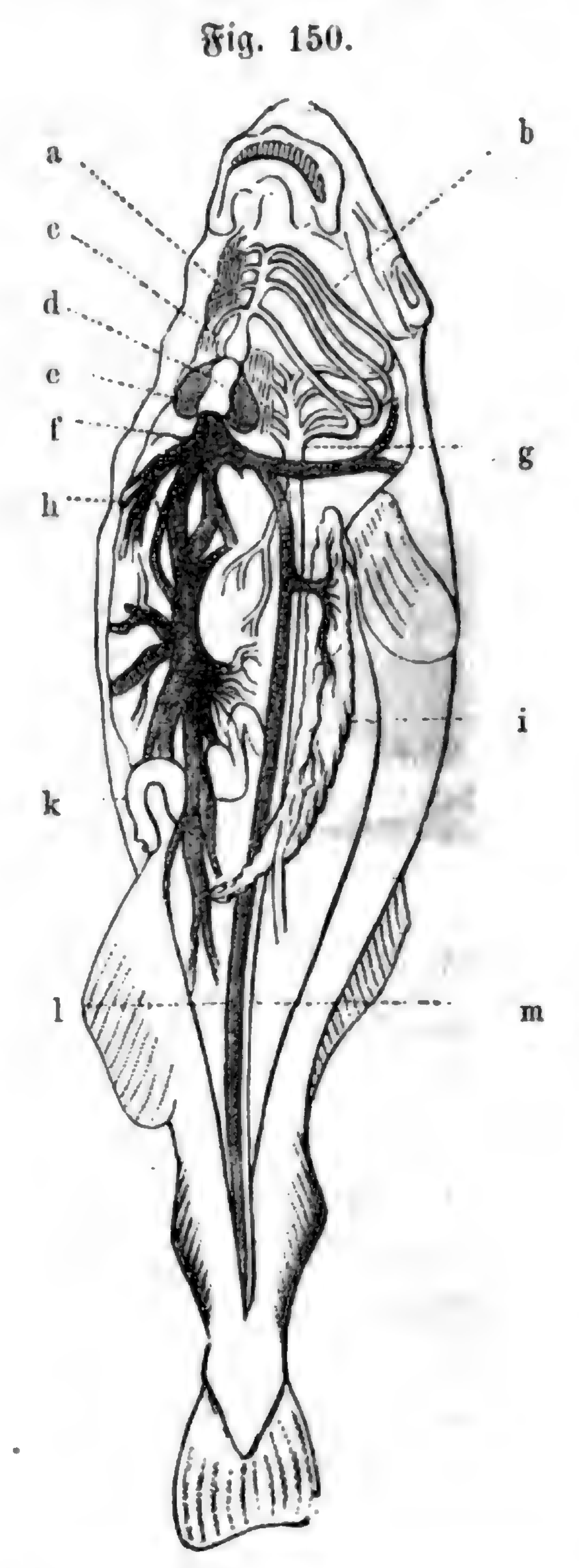
Lymph-Gefäße mit Drüsen im Mesenterium; a a Aorta; b ductus thoracicus; c Drüsen der Chylus-Gefäße; d Chylus-Gefäße, aus der Darm-Wand hervortretend; e Darm; f Mesenterium; g Lymph-Gefäße.

Fig. 149.



Branchiostoma.

Fig. 150.



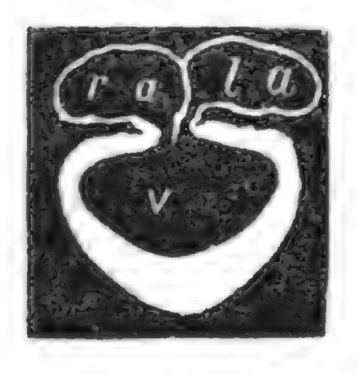
Fisch-Herz:
a Hauptstamm des Gefäß-Systemes, die Äste b in die Kiemen-Bögen aussendend und aus dem bulbus arteriosus c entspringend; d Herzkammer; e Vorhof; f Venensack; g Aorta; h Pfortader, Leber u. s. w.; i Nieren; k Darm; l Schwanz-Vene; m Aorta.

häutigen oder muskulösen „Arterien-Stiel“ oder bulbus arteriosus nach den Kiemen treibend, aus welchen es, arteriell geworden, wieder in je einem besondern Gefäß-Zweige in den Arterien-Stamm zurückkehrt, welcher über dem Herzen liegt, ohne mit diesem zusammenzuhängen. Dieser

vertheilt es dann rückwärts ziehend durch den Körper. Das Herz ist hier also ein bloßes Kiemen-Herz.

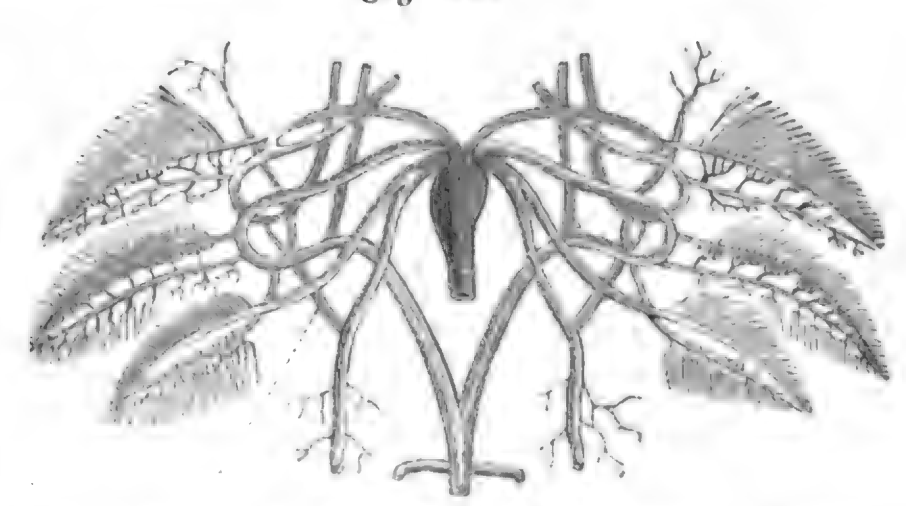
Unter den Reptilien besitzen die Dipnoen ebenfalls nur eine Herz-Kammer mit unvollkommen zwei-getheilter Vorkammer (Fig. 151), die Monopnoen aber eine unvollkommen geschiedene Kammer mit zwei Vorkammern, welche das Blut aus dem Körper und den Kiemen aufnehmen und der Kammer übergeben, um es auf anderen Wegen dorthin zurückzusenden. Bei jenen ersten kann sich immer ein großer Theil des venösen Blutes mit dem arteriellen mengen sowohl in dem Herzen selbst wie in den daraus entspringenden Gefäßen (Fig. 152). Bei den Monopnoen dagegen ist dessen Mengung

Fig. 151.



Reptilien-Herz.
ra rechter Vorhof;
la linker Vorhof;
v einfacher Ventrikel.

Fig. 152.



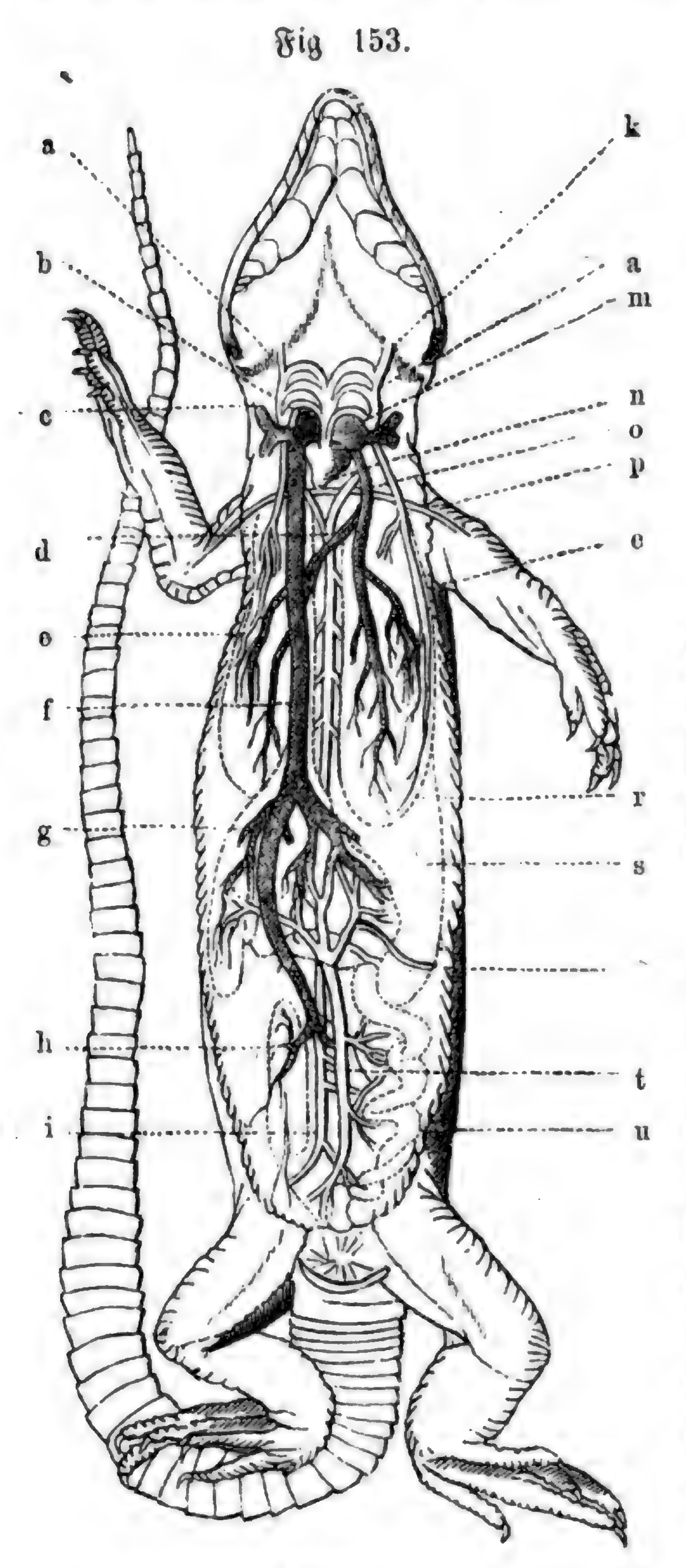
Froschlarve: Herz, Hauptgefäß-Stämme und Kiemen.

auf die Herzkammer beschränkt (Fig. 153, 154, S. 218). Trotz der größeren Anzahl von Kammern ist daher bei der K[illegible]r Reptilien, wo die Luft-Respiration mittelst eines neuen selbstständigen Athmungs-Organes beginnt, gerade so wie es an der Schwelle eines neuen Grund-Typus der Fall zu sein pflegt, die Trennung der Funktionen wieder unvollkommner, als sie es bei den Fischen als den höchsten Repräsentanten der Kiemen-Thiere gewesen ist; denn die Luft-athmenden Weich- und Kerb-Thiere können wir hierbei kaum in Betracht ziehen, da sie ein bestimmtes örtlich-beschränktes und selbstständiges Athmungs-Organ noch nicht besitzen.

Die höchste Ausbildung endlich durch die vollständigste Differenzirung zwischen dem arteriellen und venösen Blute und Blutgefäß-Systeme, insbesondre aber zwischen den Funktionen der vier Kammern des Herzens findet bei den 2 Klassen der warmblütigen Wirbelthiere statt, so wie wir dieselbe als Zielpunkt des ganzen Kreislauf-Systemes schon (S. 208, Fig. 137) dargestellt haben. Die beiden Kammern haben

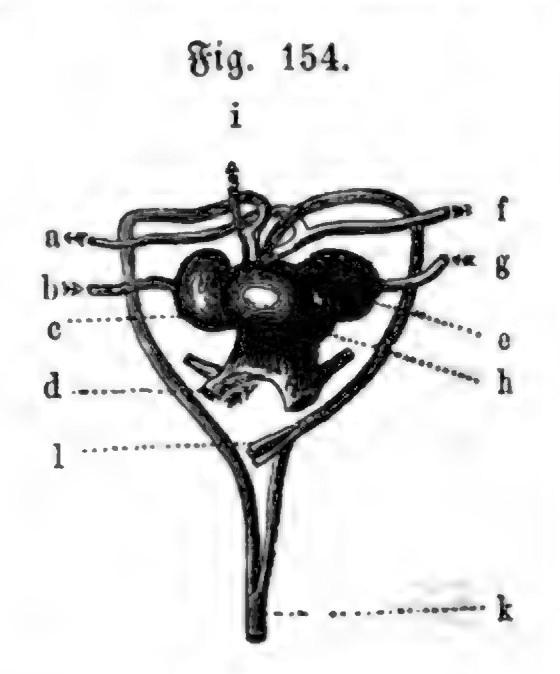
es nur mit der Austreibung des Blutes nach allen Theilen, die eine mit der des arteriellen Blutes nach allen Theilen des Körpers zu dessen Ernährung, die andere mit der des venösen Blutes nach der Lunge zu dessen Wiederherstellung durch die Respiration zu thun; eben so haben die zwei Vorkammern den Zweck, das Blut wieder zu sammeln und den Kammern zu übergeben, die eine das arterielle Blut, welches aus den Lungen kommt, die andere das venöse, welches aus dem Körper zurückkehrt.

Fig 153.



Lacerta:
a a Kiemenbögen, b linker Vorhof, c obere Hohlvene, d Aorta, e e Lungenarterien, f untere Hohlvene, g Leber und Pfortader, h Nieren, i Aorta, k Kopfarterie, m rechter Vorhof, n die Herzkammer, o Lungenvene, p Arm-Arterie, r Lunge, s Magen, t Pfortader, u Darm.

Fig. 154.



Schildkröte:
a f Lungenarterien, b g Lungenvenen, c rechter Vorhof, d untere Hohlvene, e linker Vorhof, h die Herzkammer, i k Aorta-Bögen, die sich unten bei k vereinigen, nachdem der rechte oben bei i einen Ast für den Kopf, der linke unten bei l dergleichen für Unterleibs-Organe abgeben.

Das Blutgefäß- oder Kreislauf-System hat sich also fortwährend vervollkommnet, anfangs durch Differenzirung von den Verdauungs-Organen, dann durch Theilung der Arbeit

unter seine eignen immer weiter auseinander tretenden Glieder, deren fast jedes anfangs zu verschiedenen Zwecken des Blut-Kreislaufes zugleich oder wechselsweise zu dienen bestimmt war. Aber bei jedem Eintritte in einen neuen Organisations-Plan und selbst oft bei dem zu den untergeordneten Typen sahen wir das Kreislauf-System auf einer viel tieferen Stufe seiner Fortbildung wieder beginnen, als diejenige war, die es an der oberen Grenze des nächst tieferen Organisations-Typus bereits erreicht hatte.

Dasselbe werden wir bei den Respirations-Organen bestätigt finden, die so innig mit den vorigen verbunden sind und vielfach bedingend auf deren Einrichtung zurückwirken, aber selbst weit unmittelbarer als diese von den äußeren Existenz-Bedingungen abhängen. Wir werden zuerst die durch Kiemen athmenden Wasser-Thiere und dann die Luftathmer mit Lungen in Betracht ziehen, welche beide in verschiedenen Thier-Kreisen vorkommen. Jeder dieser beiden Abtheilungen gehen einige Gruppen voraus, welche, obwohl sonst nach dem Plane der einen oder der andern gebaut, entweder doch noch gar keine besonderen Athmungs-Organe besitzen, oder mit dem ganzen Körper athmen, wodurch sich bereits eine vielfache Gradation des Athmungs-Vermögens ankündigt.

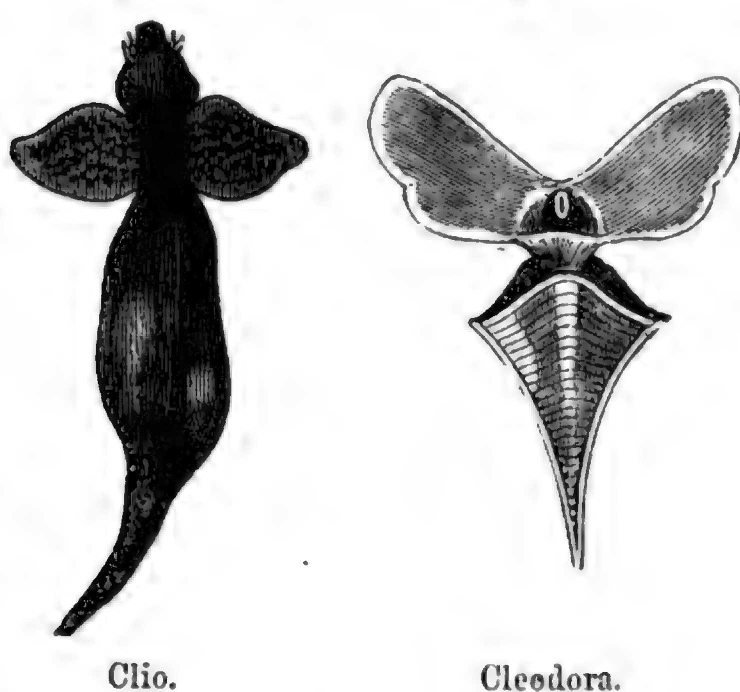
Die Aufgabe der Respiration ist: Kohlenstoff (mit Wasser) aus dem Blute zu scheiden, indem sie dieses in den Stand setzt, denselben an den Sauerstoff abzugeben, welcher von außen her in der freien oder der im Wasser enthaltenen Atmosphäre mit dem Blute in endosmotische Wechselwirkung tritt. Gänzlicher Mangel eigener Respirations-Organe kommt, außer bei einigen Gefäß-losen und dabei meist parasitischen Arachnoideen, nur bei Wasser-Thieren vor. Sie werden im Allgemeinen und mit nur wenigen Ausnahmen überall vermißt, wo ein Blut-Kreislauf noch nicht vorhanden ist, indem alsdann diese Funktion bald dem ganzen Körper wie bei den Rhizopoden, bald nur seiner bleibenden äußeren Oberfläche wie bei einem Theile der unvollkommensten Infusorien und andern Mund-losen Thieren, bald endlich hauptsächlich oder theilweise der inneren Oberfläche wie bei vielen Polypen oder Quallen anheim fällt, welche immer eine große Menge Wassers mit der Nahrung in ihre innere Leibes-Höhle oder den Darm aus- und ein-ziehen lassen. Viele Wasser-Thiere endlich besitzen, von den zu besonderen Zwecken bestimmten Organen solcher Art abgesehen, eigenthümliche und vom Darme unabhängige Wasser-Kanäle, worin frisches Wasser fortwährend mit

den Flüssigkeiten des Zellgewebes und den Gefäßen in nächste Berührung kommt und so fast allein oder doch in Verbindung mit bereits vorhandenen besonderen Organen die Athmung vermitteln kann. Auch hier zeigen sich mithin sogleich manchfaltige Abstufungen, auf welche wir noch etwas näher einzugehen haben. Wie schon gesagt, wird die Athmungs-Funktion anfangs von verschiedenen Theilen oder Organen gemeinsam mit andern besorgt; die Differenzirung fehlt noch; es findet nach Milne Edward's Ausdrucke ein Entleihen der Organe statt. Dieselben Flimmerhaare, welche durch ihren Wellenschlag, durch ihre Wasserstrudel die nimmer ruhende Bewegung der Infusorien und die Herbeiführung ihrer Nahrung vermitteln, bringen unausgesetzt auch sie selbst mit immer neuen Luft-haltigen Wasser-Theilen in Berührung, und die Weichheit ihrer Haut gestattet eine reichliche endosmotische Wechselwirkung zwischen dieser Luft und den thierischen Säften. Auf diese Art wirken die Flimmerhaare, womit z. B. die Körper und insbesondre die Tentakeln der Polypen und Bryozoen (Bowerbankia, S. 197, Fig. 118), oder die sogenannten Räder-Organe der Rotatorien am Eingang zum Schlunde (S. 208, Fig. 138 b) reichlich besetzt sind, ausschließlich oder neben anderen Organen zur Athmung mit, indem sie fortwährend frisches Wasser an den Körper herbei- und in dessen Inneres ein-führen. Doch scheinen bei vielen Bryozoen auch die Fortsätze eine Rolle zu spielen, welche vom Mantel aus die Poren der Schaalen- oder Zellen-Wände durchsetzen. — Die Binnenwürmer, welche inmitten des Chymus oder schon fertigen Chylus, und diejenigen parasitischen Trematoden, Kruster und Arachnoideen, welche unmittelbar vom Blute ihrer Nähr-Thiere leben, — die Thiere endlich, deren Nahrungs-Kanal mittelst feiner Verzweigungen Wasser und darin fein vertheilte Nährstoffe allen Theilen des Körpers unmittelbar zusendet, bedürfen der Luft-Einwirkung in viel geringerem Grade, wie auch ihre minder energische Lebensthätigkeit bei einem geringeren Maaße derselben bestehen kann. Selbst die Pteropoden unter den Kopf-Mollusken haben entweder gar keine Athmungs-Organe (Fig. 155—157), oder die zwei Flossen dienen vielleicht zugleich als Kiemen; seltener ist (Hyalaea, Fig. 158) ein unvollkommenes inneres Organ vorhanden, wogegen aber die Wimper-Bewegung dieser so lebhaften Thiere immer sehr thätig ist. — Die oben erwähnten Wassergefäß-Systeme sind Körper-Räume von manchfaltiger Form und Lage, die sich mittelst einer oder einiger engen

Mündungen oder auch bloß mittelst Endosmose durch Haut und Schaale von außen her mit Wasser füllen und den Theil des Körpers, worin sie vorhanden, anschwellen, erstraffen, hervortreten und zu manchfaltigen Bewegungen geeignet machen. So füllen sich die



Fig. 155. Fig. 156.

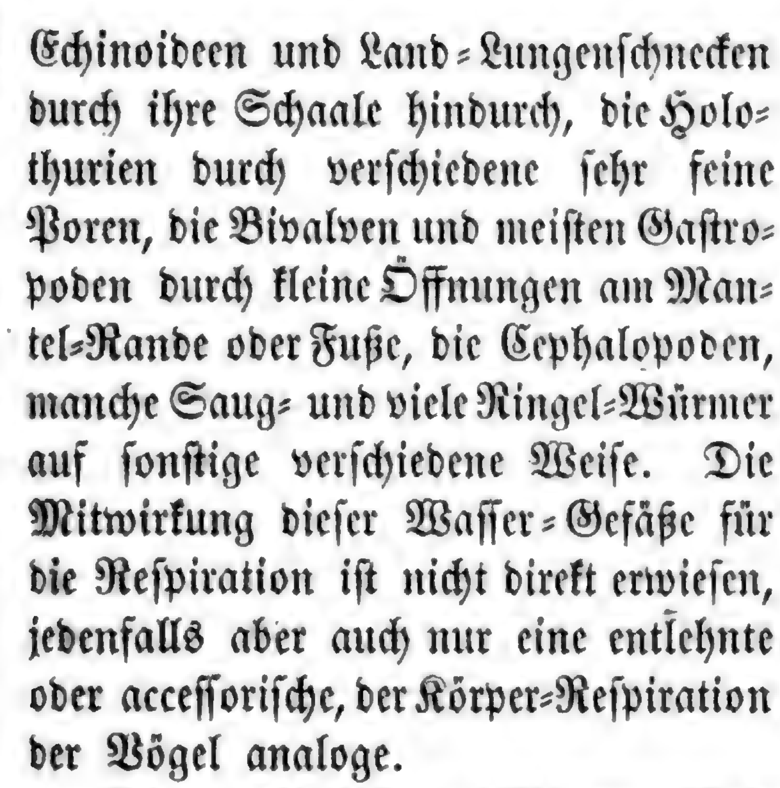


Clio. Cleodora.

Fig. 157.

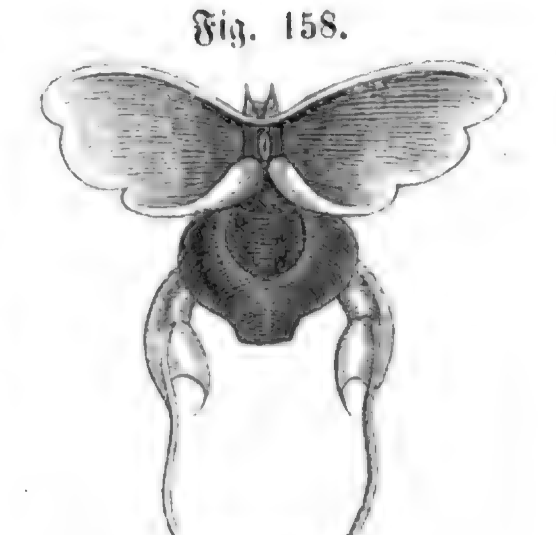


Cuvieria.



Echinoideen und Land-Lungenschnecken durch ihre Schaale hindurch, die Holothurien durch verschiedene sehr feine Poren, die Bivalven und meisten Gastropoden durch kleine Öffnungen am Mantel-Rande oder Fuße, die Cephalopoden, manche Saug- und viele Ringel-Würmer auf sonstige verschiedene Weise. Die Mitwirkung dieser Wasser-Gefäße für die Respiration ist nicht direkt erwiesen, jedenfalls aber auch nur eine entlehnte oder accessorische, der Körper-Respiration der Vögel analoge.

Fig. 158.



Hyalaea.

Die gewöhnlich mit Flimmer-Epithelium überzogenen Athmungs-Organe bestehen innerlich aus äußerst fein zertheilten Wand-losen oder mit Wänden versehenen Blutgefäßen, deren Bestimmung es ist, von ihrer Oberfläche aus der reinen oder der im Wasser enthaltenen Luft möglich viele Berührungs-Punkte mit dem in ihnen enthaltenen Blute zu verschaffen, damit der Sauerstoff-Gehalt dieser Luft dem Blute seinen Überschuß an Kohlenstoff ent-

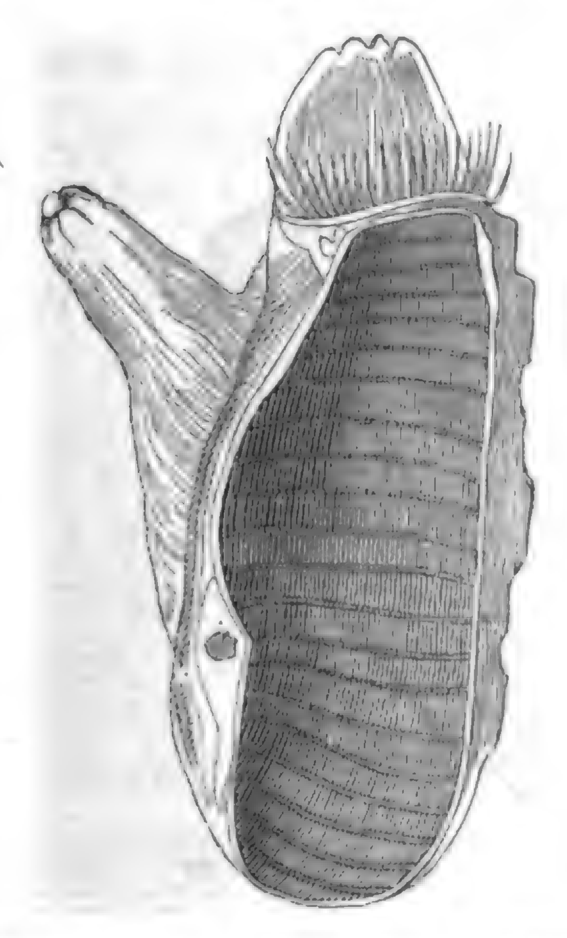
ziehen könne. Die Wasserathmungs-Organe oder Kiemen unterscheiden sich von den Luft-Athmungs-Organen oder Lungen nicht wesentlich in der Zusammensetzung. Im Allgemeinen jedoch ragen jene in um so zahlreicheren Lappen und Verästelungen, je vollkommner diese Organe sind, in das wässerige Athmungs-Medium hinaus, während diese die Luft-förmige Athmungs-Flüssigkeit in sich aufnehmen. Da aber, wo beiderlei Organe noch sehr unvollständig sind, entbehren sie mehr und weniger solcher unterscheidenden Eigenthümlichkeit. Die Kiemen-Lappen sind entweder flach oder Röhrenförmig, einfach oder verästelt, die Blättchen und Röhrchen einfach hohl oder, bei etwas mehr Vollkommenheit, auf der einen Seite mit einem eintretenden Capillar-Gefäßchen oder -Kanälchen versehen, das sich am Ende umbiegt, um auf der anderen Seite wieder zurückzukehren und sein Blut demjenigen des Hauptgefäßes wieder beizumischen, mit welchem es dann der Reihe nach viele andere Blättchen zu durchlaufen hat, die oft wie die Zähne eines Kammes oder die Theile eines Fieder-Blattes längs einem gemeinsamen Stiele aneinander gereiht sind, oft aber auch Quasten-artig u. s. w. vertheilt erscheinen. Darüber, ob die Quallen schon Athmungs-Organe haben, ist viel gestritten worden. Sie könnten, wenn sie vorhanden, nur in den 8 Schwimmblätter-Reihen der Rippen-Quallen zu suchen sein, welche vorzugsweise als Bewegungs-Organe dienen (s. unten), da unter denselben in meridianaler Richtung die 8 von der Verdauungs-Höhle ausstrahlenden Chymus-führenden Darm-Gefäße verlaufen, deren Inhalt mithin eben der respiratorischen Einwirkung bedarf. Daß auch die Pedizellen-Reihen in den Ambulakren der Echinodermen eine ähnliche Aufgabe haben, wäre dann zwar nach ihrer analogen Vertheilung wahrscheinlich; aber die zu ihrer Injektion dienende Flüssigkeit ist reines Wässer und kömmt nicht aus den Gedärmen.

Die ersten unbezweifelten selbstständigen Wasser-Athmungswerkzeuge kommen nun bei den Echinodermen und insbesondre den Asteriadeen, Echinoideen und Ophiuren vor. Bei den ersten sind vielleicht zahlreiche, an der Bauch-Seite um den Mund zerstreut stehende Fädchen (wenn sie nicht bloß als Taster zu betrachten), sicherer aber zehn lange Büschel-förmige Organe am Mund-Saume dahin zu rechnen. Gewiß auch die 10 mit den Ambulakral-Reihen alternirenden Büschel um den Mund der meisten Echinoideen; nur bei den Clypeastroiden und Spatangoiden bestehen sie in zahllosen zackigen

hohlen Fädchen oder Röhrchen, welche durch die auf den abgegrenzten Ambulakral-Feldern der Rücken-Seite vertheilten Poren hervortreten. Bei den Holothurien endlich (wenn anders nicht auch die den Mund überall umstehenden Strahlen und Strahlen-Büschel wenigstens theilweise hierher zu rechnen) ist das Athmungs-Organ schon ins Innere zurückgezogen und nimmt gegen die sonstige Regel Wasser in seine Höhlung selbst auf, indem man nämlich als solches Organ einen zweischenkeligen Schlauch betrachtet, der vom Mastdarme abzweigend den Darm von beiden Seiten umgibt, sich in zahllose Läppchen theilt und stets mit Wasser erfüllt ist.

Die Weichthiere besitzen mit Ausnahme der schon erwähnten Bryozoen und der Pteropoden sämmtlich Athmungs-Organe. Bei den Tunikaten finden sie eine entlehnte Stelle innerhalb des Mantels in einer Art zum Schlunde führenden weiten Vorhofes. Alles dem

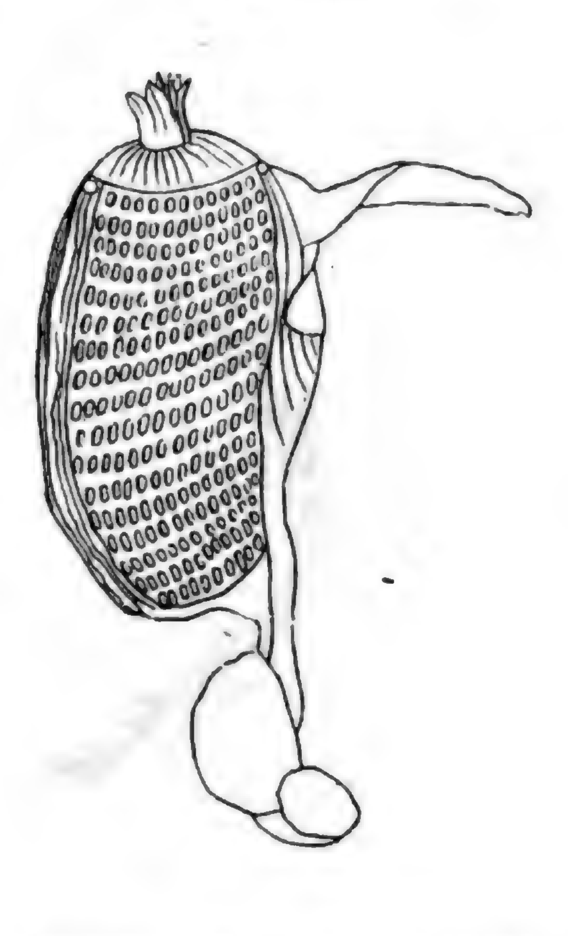
Fig. 159.



Phallusia sulcata Sav.: Kiemen-Höhle, geöffnet mit ihren gitterförmigen Kiemen.



Fig. 160.

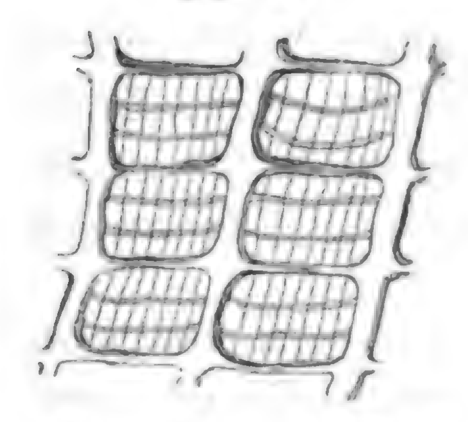


Polyclinum hesperinum: mit dem innern Kiemen-Netzwerk.

Munde Nahrung zuführende Wasser muß durch diesen vorn verschließbaren Vorhof eintreten, der als Respirations-Höhle zu betrachten, welche die Kiemen entweder in Form eines schiefen Bandes von vorn nach hinten durchziehen, oder flimmernde und von Blutgefäßen durchzogene Läppchen, Fältchen und Leistchen der Länge nach oder in zierlicher Gitter-

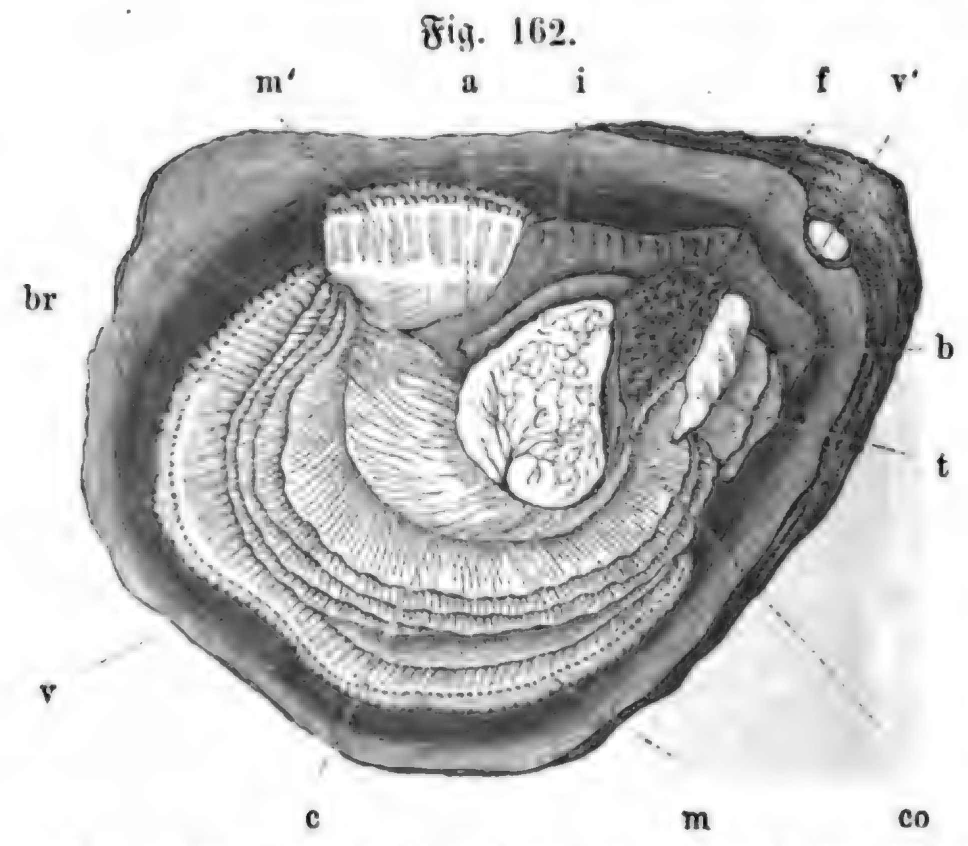
Form auskleiden (Fig. 159, 160), deren Maschen oft wieder von anderen feineren ausgefüllt werden (Fig. 161). Bei den Palliobranchiaten finden die Kiemen ebenfalls noch einen entlehnten Sitz im Mantel, längs dessen Rande ein Gefäß-Netz verläuft, von dem man angenommen, daß es, durch die vom Herzen kommenden Stämme mit Blut versorgt, solches nach der Respiration wieder durch das Rand-Gefäß zurückschicke. Zwischen beiden Schichten des Mantels ist aber auch noch ein System weiter Sinusse vorhanden, von welchen zarte Gefäß-Röhrchen in Poren-förmigen Kanälchen die Schaale bis zu deren äußerer Epidermis durchsetzen und hier in der Jugend von Flimmerhaar-Kränzen umstellt sein sollen. (Sie erinnern an ähnliche Fortsätze, welche bei den Tunikaten von der

Fig. 161.



Ascidia pedunculata (Boltonia ovifera Sav.), ein Stück Kiemen-Gitter, sehr vergrößert.

Fig. 162.

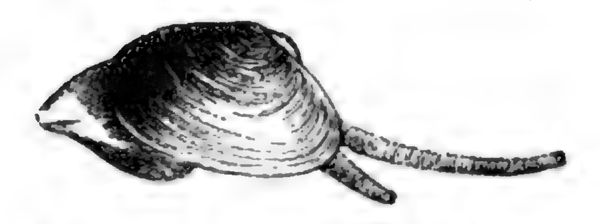


Ostrea edulis: Die rechte Schaale ist entfernt, ebenso auch der größte Theil des rechten Mantellappens, dessen Rest bei m' umgeschlagen ist; v linke Schaale mit dem Ligament v'; m linker Mantellappen; t Labial-Palpen an den Seiten des Mundes b; br Kiemen; c Schaalen-Muskel; i Darm mit Leber f und After a; co Herz.

inneren Schicht der Körper-Wand in die äußere, ebenfalls durch weite Lücken abgetrennte, Mantel-Schicht eindringen.) — Die Lamellibranchier oder Blattkiemener dagegen besitzen jederseits zwischen Rumpf und Mantel zwei freie selbstständige Kiemen-Blätter, jedes

aus einer Reihe hohler Leistchen zusammengesetzt, welche von oben nach unten laufend durch Querleisten verbunden und mit Flimmer-haaren besetzt sind (Fig. 162), zuweilen aber auch in parallele und nur am Grunde vereinigte Leistchen wie die Zähne eines Kammes getrennt bleiben. Indem bei den höheren Blattkiemenern die beiden Mantel-Hälften unter dem Bauche zusammen wachsen, werden die Kiemen innerliche, und eine Strömung durch die Wimper-Haare bewirkt wird erforderlich, um die Kiemen immer mit frischem Wasser zu versorgen, zu deren Regelung zuletzt bei von unten gänzlich ge-schlossenem Mantel sich zwei kürzere (S. 198, Fig. 120) oder längere, getrennte (Fig. 163) oder verwachsene (Fig. 164) Siphonen an

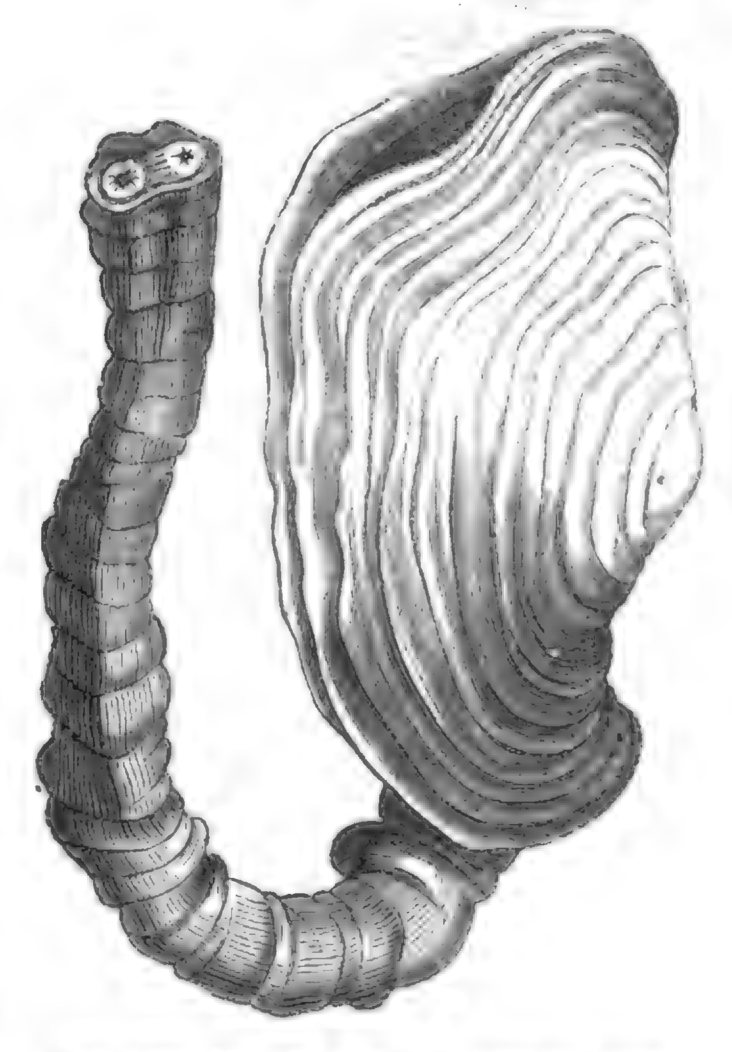
Fig. 163.



Tellina mit getrennten Siphonen.



Fig. 164.

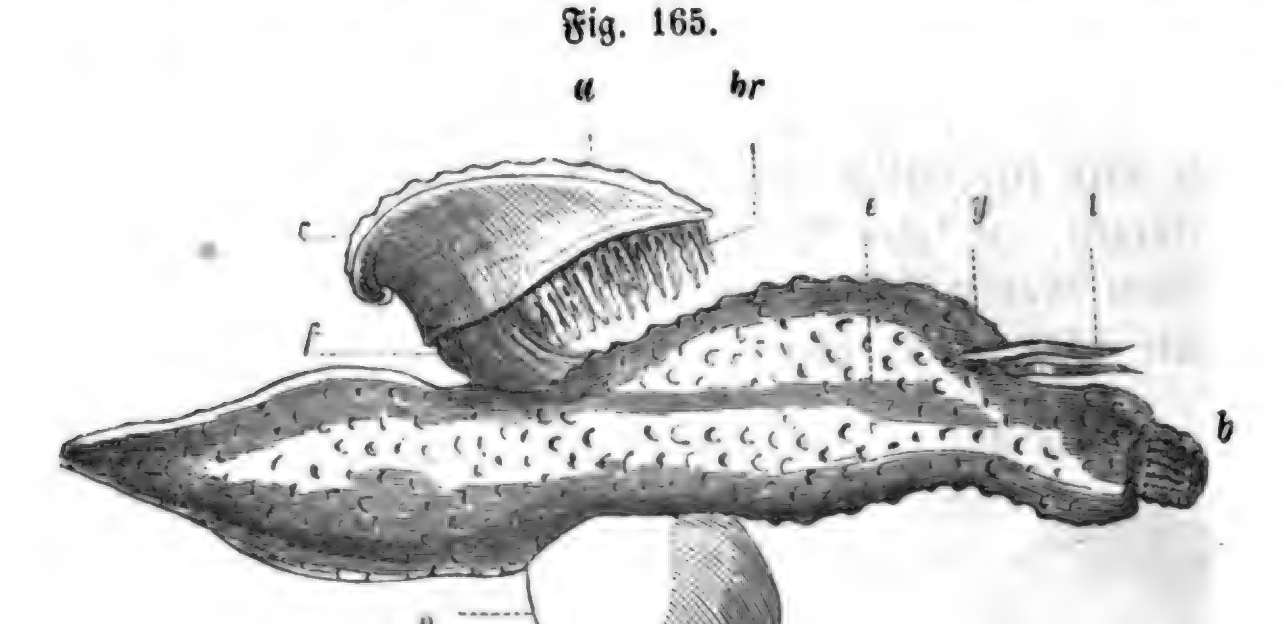


Panopaea australis mit 2 verwachsenen Siphonen.

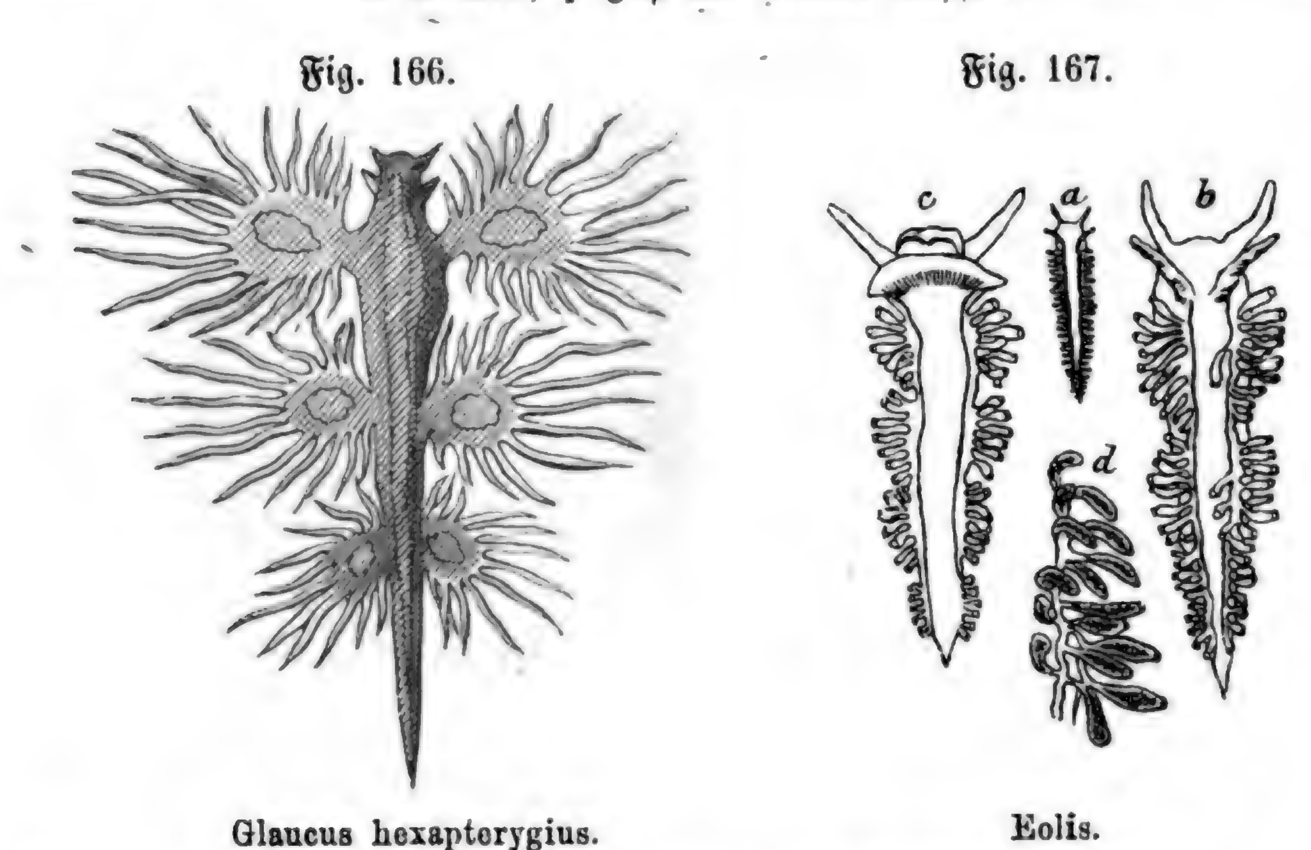
dessen Hinterende bilden, durch deren einen das Wasser ein- und durch den andern mit den Fäces aus-strömt, so daß auch dann diese Circulation des Wassers offen erhalten wird, wenn die Muschel mit dem Mund-Ende nach unten und den Siphonen nach oben tief in Sand, Schlamm oder Fels eingesenkt ist. Die Schließung des Mantels um die Kiemen, die Sicherung dieser letzten auf dem genannten Wege, die Bil-dung der Siphonen ist zwei-felsohne als ein Fortschritt an und für sich zu betrachten, aber auch eine Anpassung an die eigenthümliche äußere Existenz-Bedingung, die Wohnung in Schlamm, Sand und Fels, während die Muscheln mit offnem Mantel meistens in freiem Wasser zu leben bestimmt und dann sich auf irgend eine andere Weise zu befestigen genöthigt sind. — Indem wir nun zu den Kopf-Mollusken übergehen,

treffen wir zuerst wieder auf mangelnde und dann auf frei-liegende Kiemen bei den Pteropoden, Heteropoden und einem Theil der Gastropoden, bei welchen letzten dann ein ähnlicher Rückzug der Kiemen unter den geschlossenen Mantel, wie bei den Lamellibranchiern, statt-

Fig. 165.



Carinaria: b Mund, t Fühler, y Augen, e Magen, f Leber, a After, c Schaale, br Kiemen, p Fuß mit kleinem Napfe v.



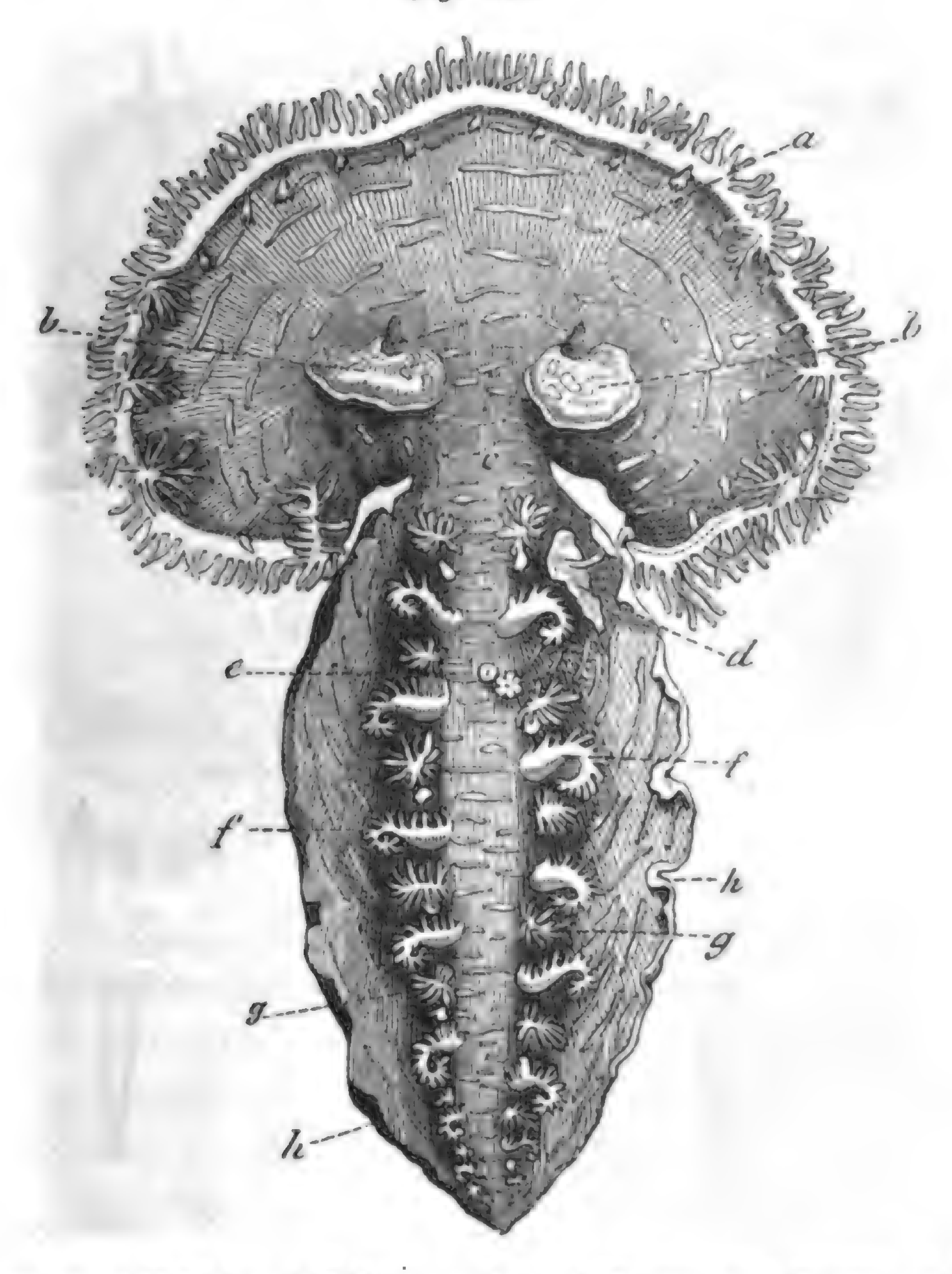
Glaucus hexapterygius.

Eolis.

findet. Der Pteropoden haben wir schon (S. 220) erwähnt. — Bei den Heteropoden trägt Carinaria ihre Kiemen unter dem Rande der dünnen Mützen-förmigen Schaale (Fig. 165). Bei den Gastropoden begegnen wir zuerst den Schaalen-losen Nacktkiemenern, wovon einige wieder durch die Haut ihrer äußeren Oberfläche und vielleicht

ihr Wasser=Gefäßsystem zu athmen scheinen, andere jedoch freistehende, aber zugleich als Bewegungs=Organ dienende (Fig. 166), noch andere selbstständige Kiemen von einfacher, lappiger oder Baum=

Fig. 168.

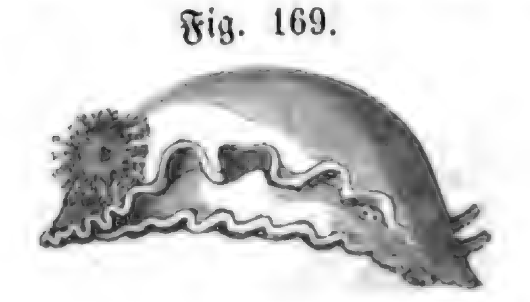


Tethys leporina: a Schleier, b Fühler, c Hals, d Generations=Organe, e After und eine zweite Ausführungs=Öffnung, f große Kiemen, g kleine Kiemen, h Fuß=Ränder.

Form über den ganzen Rücken vertheilt (Eolis, Fig. 167; Tethys, Fig. 168; Tritonia, S. 73, Fig. 50), oder nur an einer Stelle desselben besitzen (Doris, Fig. 169). Bei den Hypobranchiern treten die zahlreichen Blatt=förmigen Kiemchen schon rings unter den Rand des meist nackten Mantels zurück, so daß man sie von oben nicht mehr sehen kann (Fig. 170, S. 228). Eben so bei den Cyklobranchiern, wo jedoch der Mantel von einer Schaale bedeckt wird (Fig. 171, S. 228). — Bei den Aspidobranchiern treten zwei Kamm=förmige Kiemen noch weiter unter die Seiten des Mantels

und der Schaale ein und kommunizіren dann oft durch Spalten und Löcher in der letzten (Fig. 172) mit dem äußeren Respirations-Medium und erhalten so ihren Wasser-Bedarf fortwährend zuge-

Fig. 169.



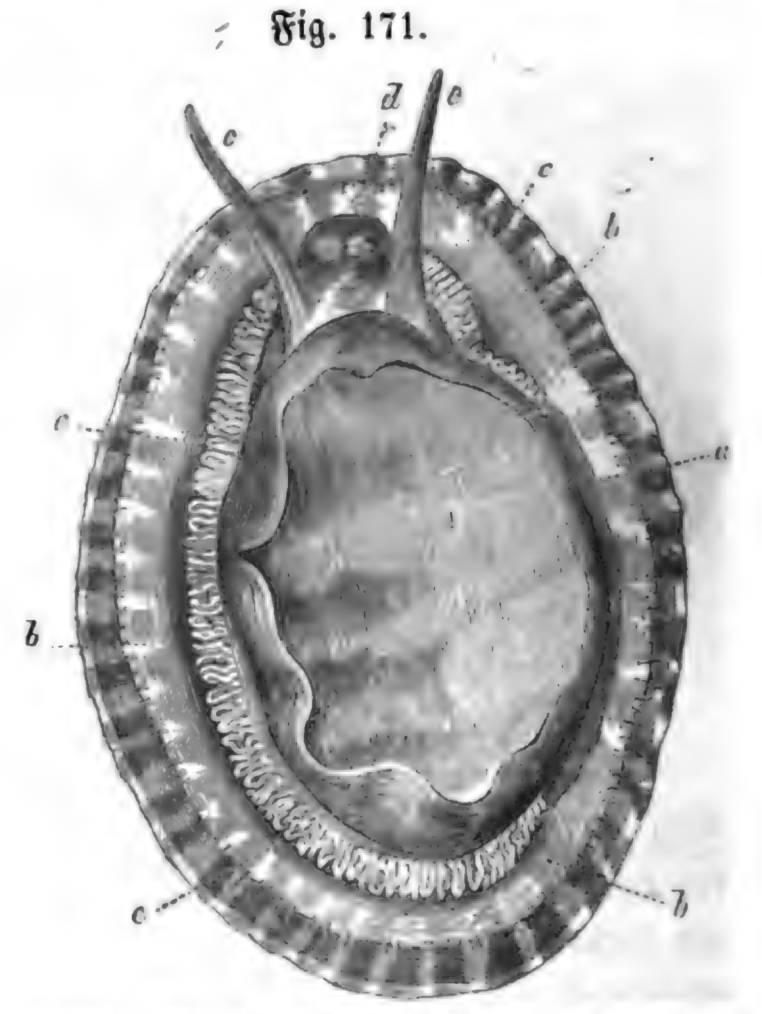
Doris.

Fig. 170.



Phyllidia albo-nigra von oben.

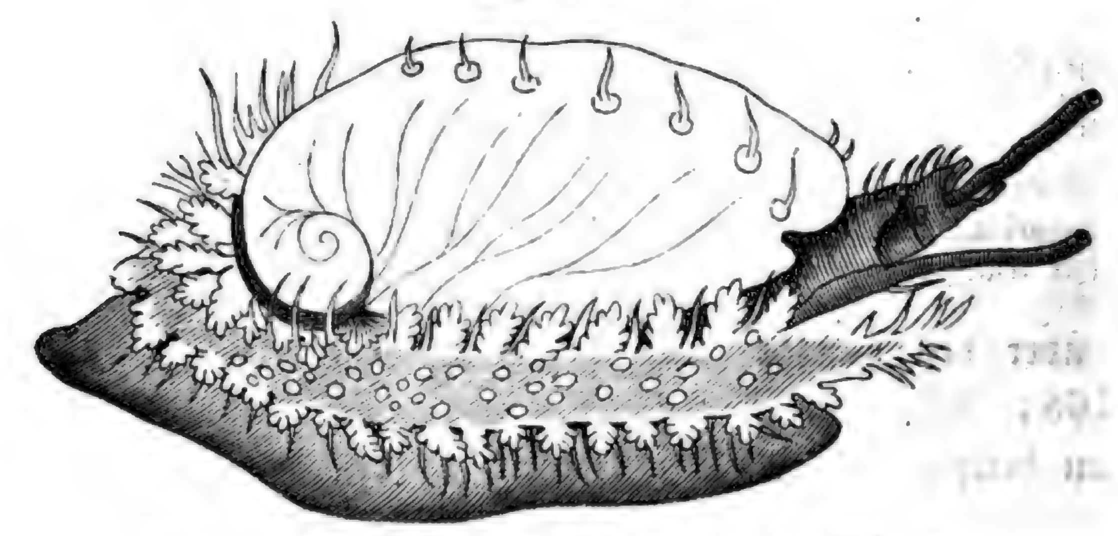
Fig. 171.



Patella algira von unten, die Kiemen auf einer Seite frei, auf der andern durch den verschobenen Fuß verdeckt; a Fuß, b gefranster Mantel-Rand, c Kiemen, in der Furche zwischen Fuß und Mantel, d Kopf, e Fühlfäden.



Fig. 172.

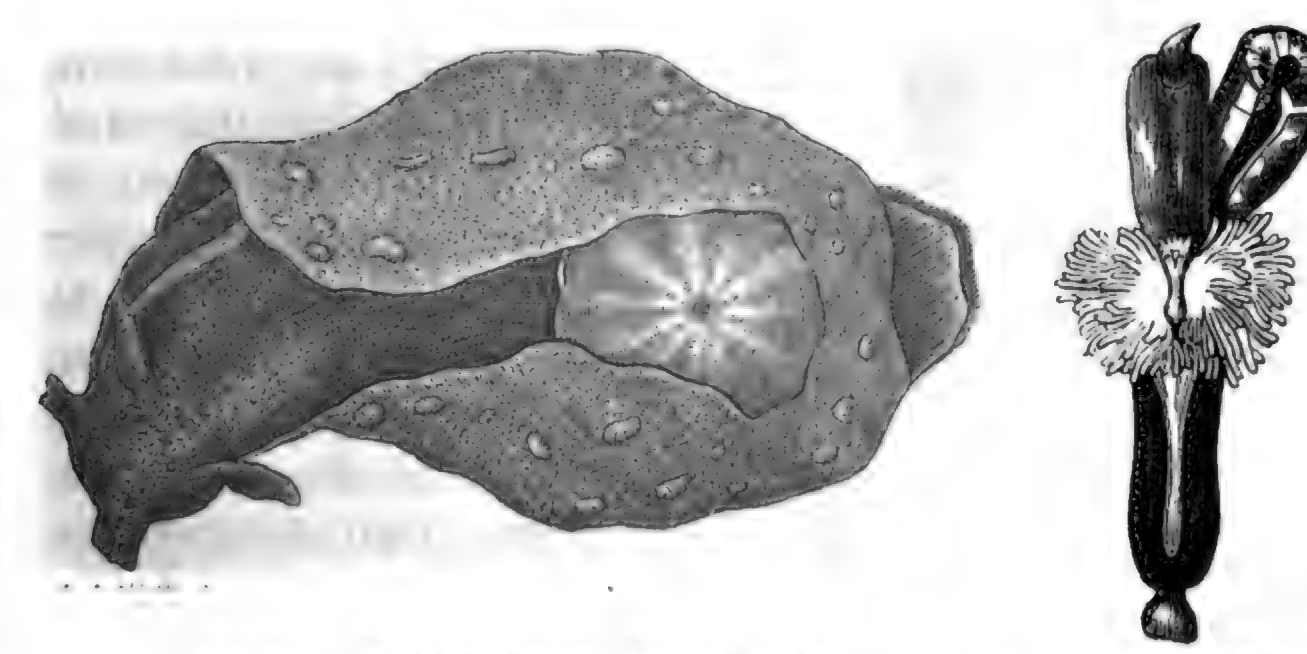


Haliotis mit den Kiemen-Löchern in der Schaale.

führt. Auch bei den Pomatobranchiern (z. B. Aplysia, Fig. 173) sind die Kiemen Kamm-förmig und liegen am Rücken, nur von einer Falte des Mantels, der eine Schaale zu bilden pflegt, bedeckt. Die Cirrobranchier endlich besitzen Faden-förmige Quasten-artig zu-

sammengehäufte Kiemen dicht hinter dem Kopfe des Thieres (Dentalium, Fig. 174), welches in einer langen Kegel-förmigen und an beiden Enden offnen Kalk-Röhre steckt, aus der es etwas hervor-

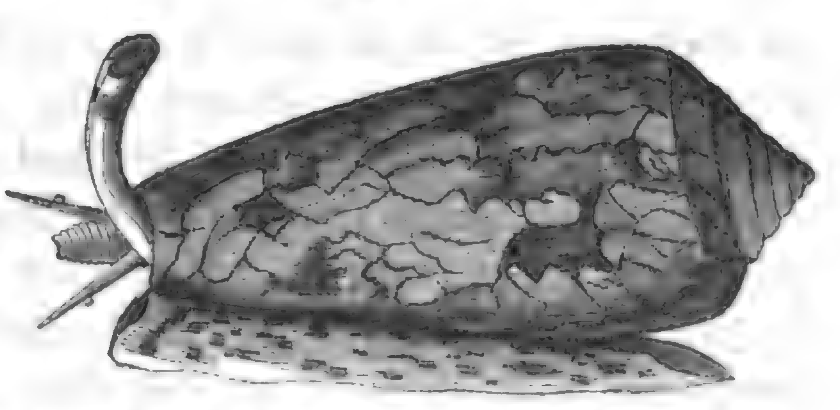
Fig. 173. Fig. 174.



Aplysia, die Kiemen vom Mantel bedeckt. Dentalium ohne Schaale.

treten kann. Damit gelangen wir zuletzt zu den Ctenobranchiern oder denjenigen Gastropoden, deren Kiemen einen einseits oder zweiseits gezähnten Kamm, oft noch mit einem kleineren daneben, darstellen und sich ganz unter den Mantel in einen eignen wohl umgrenzten Sack über dem Nacken zurückziehen und an dessen oberer Wölbung festwachsen. Die Mündung dieser Kiemen-Höhle ist verschließbar, oft jedoch (bei den Siphonoideen, Fig. 175) in eine lange Röhre ausgezogen,

Fig. 175.

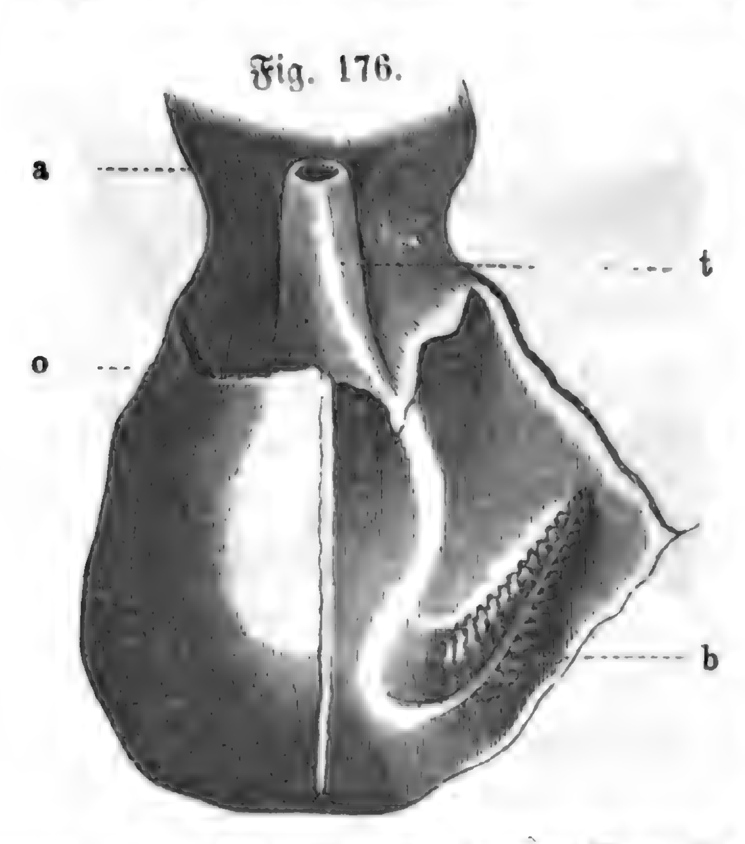


Conus textile mit Kopf, Fühlern, Augen und Athem-Röhre.

durch welche das zur Respiration nöthige Wasser eingelassen wird und über welcher der Rand der Schaalen-Mündung einen Ausschnitt zu haben pflegt, der Lamarck's Abtheilung der Zoophagen charakterisirte. — Die letzte Weichthier-Klasse, die Cephalopoden, enthalten vier oder zwei (vergl. S. 211, Fig. 142) freie, aus zahlreichen gefalteten Blättchen in Kamm-Form zusammengesetzte Kiemen-Pyramiden im Grunde der Mantel-Höhle eingeschlossen, zu welcher die vordere randliche Mantel-Öffnung das Wasser gelangen läßt, welches

zwischen den Kiemen hindurch geht und aus einer engen Trichter-förmigen Öffnung unter dem Halse des Thieres wieder ausströmt (Fig. 176). Es findet mithin ein regelmäßiges Zu- und Ab-strömen auf zweierlei Wegen statt, wie bei den mit Siphonen versehenen höheren Lamellibranchiern, während die gewöhnlichen Kopf-Mollusken (Gastropoden), auf einer theilweise niedrigeren Stufe der Kiemen-Bildung beginnend, es nirgends zu einer Differenzirung des Zufluß- und des Abfluß-Kanales gebracht haben. Die Cephalopoden sind also zu den ktenobranchen und gymnobranchen Gastropoden und den mit nur entliehenen Kiemen versehenen oder ganz Kiemen-losen Pteropoden, was die siphonoiden Lamellibranchier zu den asiphoniden mit geschlossenem und endlich offenem Mantel und zu den Brachiopoden, Tunikaten und endlich Kiemen-losen Bryozoen. Von den untersten bis zu den vollkommensten Formen dieser verschiedenen Gruppen erkennen wir leicht die im Ganzen fortschreitende Differenzirung.

Fig. 176.



Octopus, geöffnet, mit einer Kiemen-Pyramide und dem auch die Kloake aufnehmenden Trichter; a Theil des Kopfes, b Kieme, o Öffnung der rechten Kiemen-Höhle, t Trichter.

Nicht minder manchfaltig als bei den Weichthieren sind die Kiemen-Gebilde bei den Kerbthieren. Doch auch da finden wir zuerst bei den Saug- und einigen Ringel-Würmern gänzlichen Mangel des Athmungs-Organes, indem es ohne Kreislauf-System nicht denkbar ist (S. 211) und selbst da, wo dieses auftritt, erst noch etwas später zu erscheinen pflegt. Auch Flimmer-Haare und etwa das innere Wassergefäß-System (S. 221 ff.) mögen es, wie schon erwähnt, eine Zeit lang entbehrlich machen. — Die erste äußerlich jedoch nicht erkennbare Spur eines Kiemen-Organes finden wir bei den Hirudineen (Fig. 177), wo unten an der Bauch-Fläche jederseits eine Reihe kleiner Schleifen-artig gebogener, oft zu einer Blase erweiterter Schläuche liegt, welche, nicht ganz so zahlreich als die derselben Gegend entsprechenden Körper-Ringel und innen mit Flimmer-Haaren besetzt, das Blasen-förmige Ende eines Blutgefäß-Zweiges umfassen, sich

ausdehnen und zusammenziehen und mit einer feinen Öffnung nach außen münden. Diese Eigenschaften stimmen zwar nicht mit denen der gewöhnlichen Kiemen überein; doch liegen diese Schläuche genau an derselben Stelle, wo bei einer andern Sippe der nämlichen Fa-

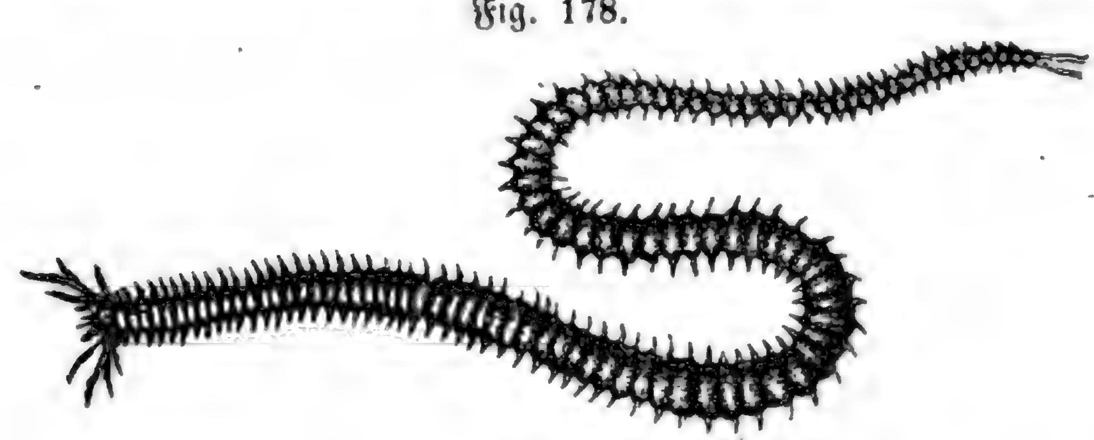
Fig. 177.



Hirudo.

milie große Kiemen-Blätter hervortreten, und ungefähr da, wo auch bei anderen Ringelwürmern (von einigen auf wenige Arten beschränkten ausnahmsweisen Bildungen abgesehen) Kiemen zu stehen pflegen. Auch bei den Lumbricinen zeigen sie sich so. Bei den übrigen Chätopoden aber treten gewöhnlich äußere Kiemen auf, manchfaltig in Form und oft von wechselnder Gestalt bei einerlei Individuum. Die Kiemen sind Faden-, Lappen-, Blätter- und Büschel-förmig und stehen entweder (mitunter von zweierlei Formen regelmäßig beisammen) auf den Borstenhöckern längs beider Seiten des ganzen Körpers vertheilt, zumal wenn die Würmer frei beweglich sind (Fig. 178, 179),

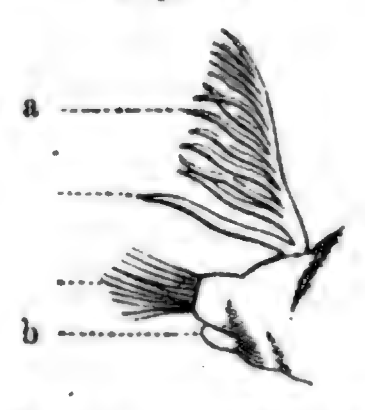
Fig. 178.



Nereis.

oder auf einen Theil der Länge des Körpers beschränkt, wenn sie in Löchern im losen Sande stecken (Fig. 180, S. 232), oder hauptsächlich die Lappen- und Büschel-förmigen beim Kopfe zusammengedrängt, wenn dieselben sich in selbsterbauten bleibenden Röhren aufhalten, aus welchen sie ihrer Nahrung wegen nur mit dem Vordertheile von Zeit zu Zeit hervorkommen (Fig. 181, S. 232). So tritt in den Würmern, von kleinen Schwankungen abgesehen, überall die

Fig. 179.



Eunyce: Kamm-förmige Kieme a oben an einem der Seitenhöcker b.

fortschreitende Differenzirung der Kiemen hervor; aber auch zugleich ihre Anpassung an die äußeren Existenz=Bedingungen im Mangel äußerer Organe bei den Egeln und Regenwürmern, die meist in halb losem Schlamm und feuchter Erde zu leben bestimmt sind; in den nur schwach entwickelten äußeren Kiemen bei jenen, die auf schlammigem Boden herumkriechen (Nereis); in der etwas stärkeren Entwickelung von Kiemen und Blatt=artigen, wohl das Schwimmen erleichternden Organen bei den mehr und weniger schwimmenden Borstenfüßern (Aphroditeen); endlich in der Beschränkung der verstärkten Kiemen auf den Kopf bei den Röhren=bewohnenden Serpuleen (Fig. 181) und anderen. — Zu den Krustern übergehend müssen wir abermals um einige Stufen herabsteigen. Die Kiemen fehlen vielen der untersten Gefäß=losen und parasitischen Formen derselben (den Siphonostomen, Lophyropoden u. s. w.) gänzlich, wie schon oben (S. 212) bemerkt worden; doch treten sie bei den Rotatorien innerlich als ein sehr unvollkommenes Tuten=förmiges flimmerndes Organ, bei den Cirrhipeden in Form von 2 — 4 zugespitzten fransigen Lappen im Grunde des Mantels oder an den Fuß=Stielen auf, obwohl beide gar keine Blutgefäße besitzen oder nur bei letzten ein Herz angegeben worden ist. Überhaupt ist es charakteristisch für die Kruster und insbesondere die höheren Formen derselben, daß die Kiemen mit ihren Fuß=Wurzeln zusammenhängen und oft einem Nebenaste der Füße zu entsprechen scheinen, und zwar bald der zu Mund=Theilen umgestalteten (Ostrakoden), bald der Brust=, bald der Bauch= und endlich der Schwanz=Füße; es sind

Fig. 180.

Arenicola piscatorum mit Kiemen=Büscheln in der Mitte.

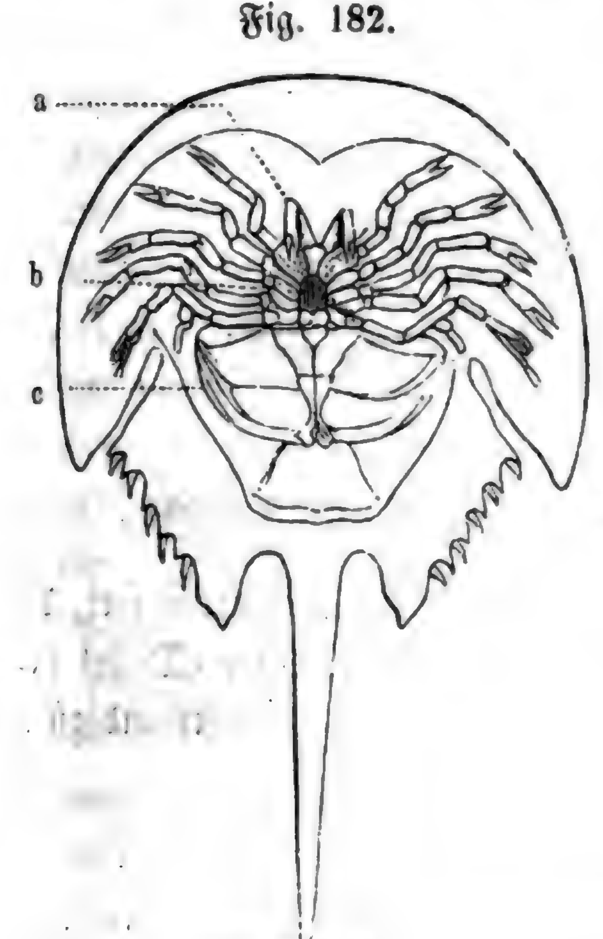
Fig. 181.



Serpula: das Thier aus der kalkigen Röhre hervorgetreten, mit ausgebreiteten Kiemen an den vorderen Körper=Ringeln.

daher immer fremde Organe, welche sich zu dieser Funktion herleihen. Nur selten, wie bei den Amphipoden, Lämodipoden und Isopoden, haben diese Kiemen eine ganz ungewöhnliche, nämlich eine Blasen-Form; sonst sind sie immer blättrig, zertheilt, Kamm-artig, und im Allgemeinen (obwohl z. B. jene Blasen-Kiemener zwischen andere Ordnungen eingeschaltet sind) um so größer und ästiger, je höher die Kruster nach ihrer sonstigen Organisation im Systeme stehen. Auch hier liegen die Kiemen bei den unteren Ordnungen gewöhnlich frei außen am Leibe, bei den höheren, den Dekapoden, dagegen unter dem Brust-Schilde geschützt. Die Cladoceren tragen sie an den Kiefer-Füßen, die Pöcilopoden (Fig. 182) und Isopoden an den Abdominal-

Fig. 182.



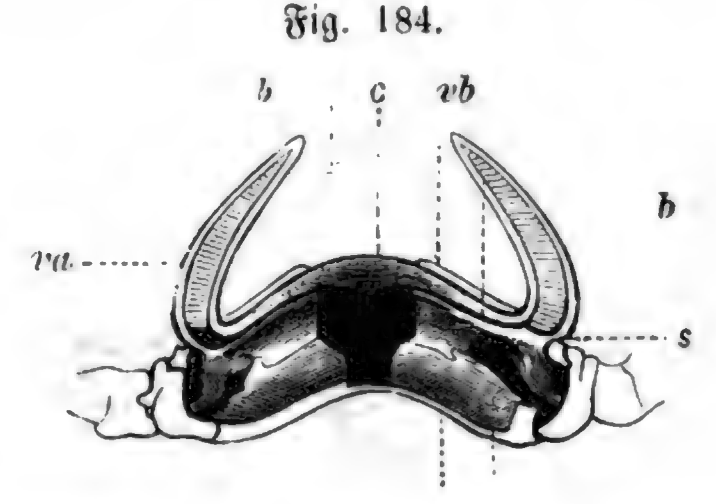
Limulus: a Fühler-Scheeren, b Bein-Füße, c Blätter-Füße, die Kiemen verdeckend.

Fig. 183.



Orchestia; an den hintern Füßen die Platten zeigend, hinter welchen die Kiemen-Blasen verdeckt liegen.

Fig. 184.



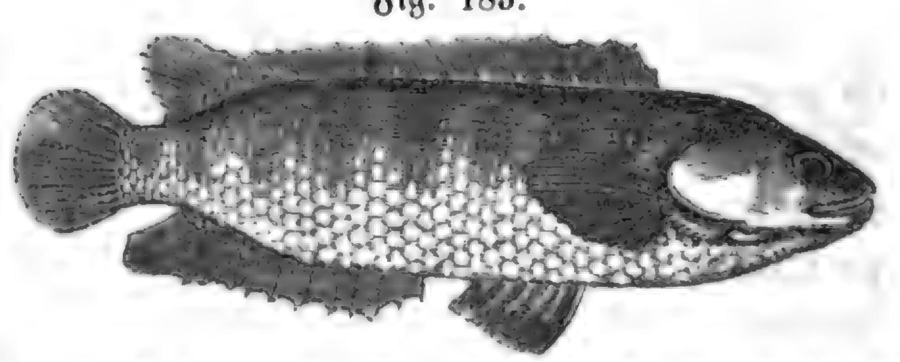
Astacus fluviatilis: Durchschnitt in der Gegend des Herzens.
b Kiemen, c Herz, s venöser Seitensinus, va Art. branchialis, vb Vena branchialis.

Füßen, die Amphipoden (Fig. 183), Lämodipoden und Dekapoden (S. 212—213, Fig. 143, 144 und Fig. 184) an den Brust-Füßen. Nur bei diesen letzten sind sie unter den Brust-Schild eingezogen, unter welchem daher auch eine beständige Strömung des Wassers hindurchgeht, und Blatt-artige, Kamm-förmige

und Faden-förmige Kiemen sitzen bei vielen derselben an jedem Fuße beisammen.

Endlich begegnen wir nach langer Unterbrechung den Kiemen wieder bei der Klasse der Fische im Kreise der Wirbel-Thiere, wo gleichwohl deren Entwickelung abermals auf einer tieferen Stufe beginnt, als wo wir sie bei den Sepien und Krustern verlassen haben. Auch bei den Fischen bilden die Kiemen kein selbstständiges Organ, sondern die vielen Gefäß-reichen Kiemen-Blättchen sind auf 4—6 jederseits vom Zungenbein ausgehende Bogen (S. 216—217, Fig. 150 b, 152) gewöhnlich Kamm-artig hintereinander gereihet, selten Büschel-artig gestellt (Lophobranchier). Das Respirations-Wasser strömt durch den Mund ein, zwischen den Kiemen hindurch und durch eine Öffnung hinter denselben wieder hinaus (Fig. 185). Das vom Kiemen-


Fig. 185.



Anabas: der Rand der Kiemen unter dem Kiemen-Deckel sichtbar.

Bogen abgekehrte Ende der Kiemen-Blättchen ist gewöhnlich frei, die Kiemen sind meist vom verschließbaren knöchernen Kiemen-Deckel geschützt, und in diesem Falle scheinen dieselben noch am selbstständigsten

Fig. 186.

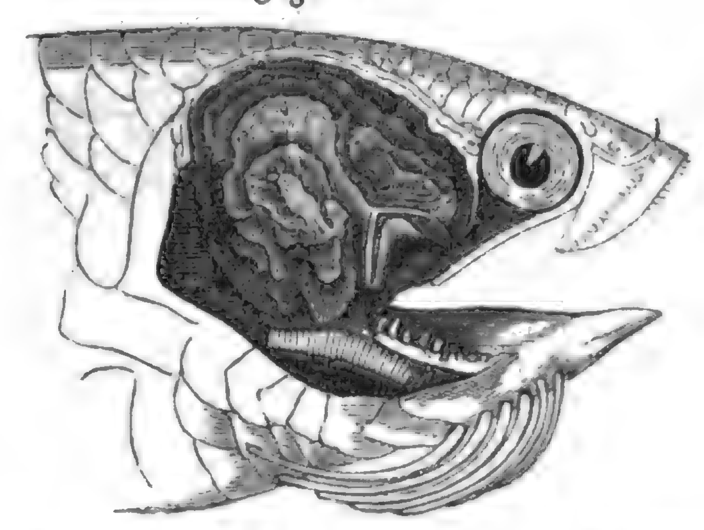


Carcharias, Hai: die Kiemenlöcher hinter dem Kopfe.

zu sein. Bei den Plagiostomen sind die Kiemen-Bögen an die äußere Körper-Wand angewachsen; eine sonst kleine Zwischenwand, welche die 2 Reihen Kiemen-Blätter einer Kieme mit einander verbindet, verlängert sich einwärts und trennt so beide Reihen von einander, welche nun daran anwachsen und nur noch wie Falten derselben

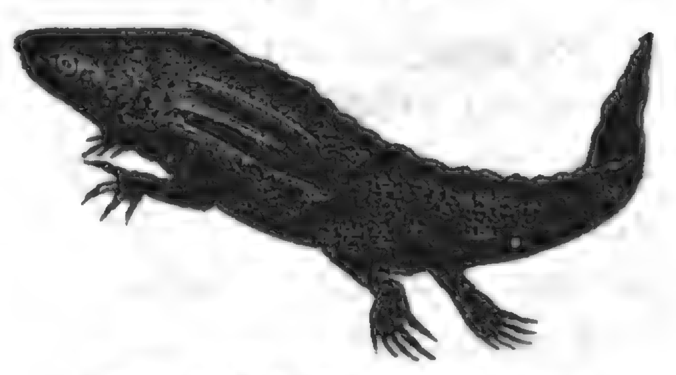
aussehen. Von außen werden die Kiemen nicht mehr durch einen knöchernen eingelenkten Deckel, sondern nur durch die erwähnte Körper-Wand geschützt, und das Wasser strömt durch mehre (5) zusammenziehbare Spalten derselben zwischen jenen Zwischenwänden wieder aus (Fig. 186). Nur bei dem schon mehr erwähnten Branchiostoma (S. 216, Fig. 149), bei Weitem dem unvollkommensten aller Fische, dient die vordere Hälfte der Körper-Höhle als Athmungs-Höhle, welche jederseits von mehr als 50 durch Queerstäbchen verbundenen, von Flimmer-Epithelium überzogenen und von Gefäßen begleiteten Knorpel-Leistchen umwölbt wird, zwischen welchen dann das Wasser durch eben so viele Löcher eintritt und weit hinter welchen es wieder durch eine für alle gemeinsam dienende, beständig auf-und-zu-gehende Öffnung am Bauche ausströmt, während ein anderer Theil des Wasser-Stromes mit Nahrungs-Gehalt durch das gleiche, mithin fremdartige, Agens in den Nahrungs-Kanal geleitet wird. Die Wasser-Respirations-Organe der Fische scheinen wenigen Veränderungen zum Zwecke der äußeren Anpassung zu unterliegen, sondern sich ziemlich einfach nach den Gesetzen der progressiven Entwickelung auszubilden. Manche Fische können die Respiration lange entbehren, wenn sie durch Schließung der Kiemen-Deckel ihre Kiemen feucht erhalten, zu welchem Ende den Aalen eine sehr feste Verschließung des Kiemen-Lochs möglich ist, und die Labyrinthknochen-Fische in der Kiemen-Höhle krausblättrig-zellige Knochen besitzen (Fig. 187), in welchen sie einen langsam auf die Kiemen rinnenden Wasser-Vorrath mit sich nehmen, wenn sie aufs Land gehen. Andere vergraben sich Monate lang in

Fig. 187.



Anabas: mit abgehobenen Kiemen und Kiemen-Deckel, die Wasser-Zellen zum Respirations-Apparat zeigend.

Fig. 187 a.



Siredon (Axolotl) mit Kiemen.

Schlamm, der allmählich ziemlich trocken werden kann. — Bekanntlich besitzen die Fisch-artigen und die gemeinen Batrachier oder Dipnoen unter den Reptilien außer der Lunge auch lebenslänglich (S. 235, Fig. 187 a) oder doch während der Jugend (Fig. 188) nach außen Kiemen wie die Fische. Die Bildung der vom Herzen zu den Kiemen gehenden Gefäße, die der Kiemen selbst, die Rückkehr und Vereinigung der ersten in ein gemeinsames Aorta-artiges Rücken-Gefäß ist aus der Darstellung S. 217 ersichtlich. Wir wiederholen diese Abbildungen hier (Fig. 188 a) in der Absicht, sie mit der der Kiemengefäß-

Fig. 188.

Frosch-Larve ganz jung, mit erst 2 einfachen Kiemen jederseits.

Fig. 188 a.

h

c

c

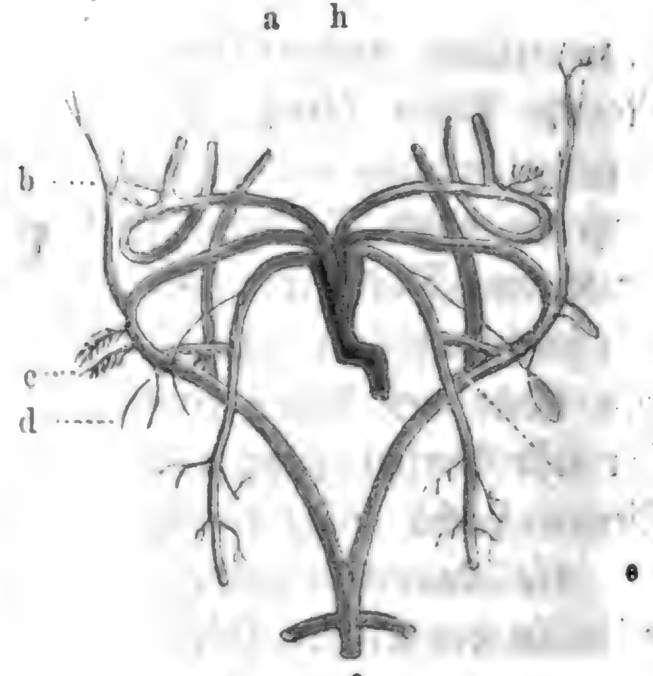
e

g f g

Hauptgefäß-Stämme einer ältern Frosch-Larve: ccc Kiemen; e aus den Kiemen kommende Zweige der Körper-Arterie f; gg zur Lunge gehende Gefäße.

Stämme in der ersten Jugend (Fig. 188) und im reifen Alter (Fig. 189) zusammenzustellen, wie sie bei der vollendeten Metamorphose des Thieres, wo die Kiemen schon fast gänzlich resorbirt sind, erscheinen. Bei anderen Dipnoen sind die Kiemen Quasten-förmig oder sie beschränken sich auf feine Gefäß-Verästelungen in der Oberfläche des Kiemenspaltes, der sich an der gewöhnlichen Stelle äußerer Kiemen zeigt.

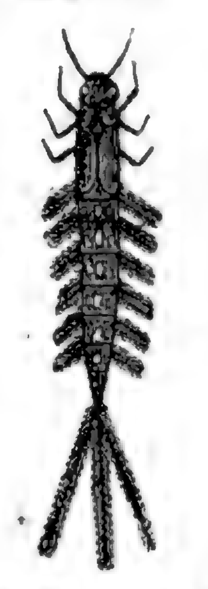
Fig. 189.



Hauptgefäß-Stämme eines ausgebildeten Frosches (vergl. Fig. 188 a).

Bevor wir zur Untersuchung der Luft-athmenden Thiere übergehen, wäre noch der Insekten-Larven zu erwähnen, welche wie die der Frösche zum Athmen im Wasser angewiesen sind, während die reifen Insekten in der Luft leben. Dahin gehören insbesondre manche Dipteren- und Neuropteren-Larven, welche zu jenem Ende mit eigenthümlichen Organen versorgt worden sind, die ebenfalls als Kiemen bezeichnet zu werden pflegen und bei Pteronarcis, einer Sippe aus letzt-genannter Ordnung, an Brust- und Bauch-Seiten bleibend sind, selbst wenn das Insekt nach seiner letzten Verwandlung schon umherfliegt. Es ist indessen erwiesen, daß diese sogenannten Kiemen der Larven wenigstens bei den Neuropteren (Fig. 190), wie vielleicht auch bei manchen Dipteren, die am Hinterende noch eine besondere Athem-Röhren besitzen (Fig. 191), die Bestimmung haben, nicht den überflüssigen Kohlenstoff-Gehalt des Blutes an den Sauerstoff-Gehalt der im Wasser befindlichen Luft unmittelbar abzugeben, sondern diese Luft aus dem Wasser in sich aufzunehmen und in die Luft-Kanäle dieser Thiere, wovon später die Rede sein wird, überzuführen, um auf diesem Wege die angemessene Mischung der Luft in den Kanälen zu erhalten. Vielleicht besteht ein ähnliches Wechsel-Verhältniß zwischen den Stigmaten mancher Wasser-Insekten und der Luft des Wassers. Jedenfalls aber wissen sich auch manche im Wasser lebende, aber Luft athmende Raupen, Spinnen und reife Hexapoden mit einer Luft-Hülle zu umgeben, welche, durch Haare, Gespinnste rc. vom Wasser getrennt, in Folge endosmotischer Wechselwirkung mit diesem immer ihre normale Mischung behält.

Fig. 190.



Ephemera-Larve mit Athmungs-Organen.

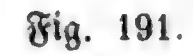
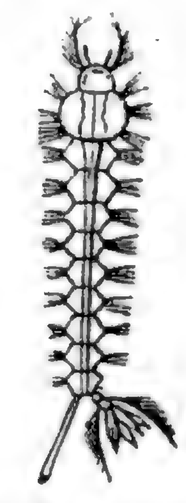


Fig. 191.



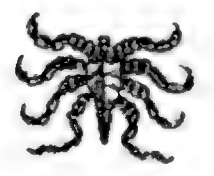
Larve von Culex pipiens mit Athem-Röhre, durch welche sie Luft über dem Wasser schöpft.

Die ersten Luft-athmenden Thiere des Systemes finden sich unter den Schnecken, unter welchen die das Land und die meisten das Süßwasser bewohnenden die atmosphärische Luft in eine unter dem Mantel gelegene und mit seitlicher verschließbarer Öffnung versehene Athmungs-Höhle aufnehmen, deren Wände mit einem zarten Blut-

gefäß-Netz durchzogen sind. Es ist also nicht viel mehr als eine Lokalisirung der bis dahin oft vorgekommenen Haut-Respiration an einer inneren Stelle, an welche auch bei den Kiemen-Schnecken die Athmung durch Kiemen verlegt ist. Es ist noch kein abgesondertes, selbstständiges Luft-Athmungs-Organ vorhanden, obwohl die nächsten Verwandten dieser Schnecken, die Pektinibranchier ꝛc., bereits ein selbstständiges Wasser-Athmungs-Organ besitzen. Die Luft-Athmungs-Funktion steht über der Wasser-Athmung, aber ihr Organ ist bei seiner ersten Entwickelung unvollkommner, als das schon länger aufgetretene Wasser-Organ bei Thieren auf derselben Stufe des Systemes. Die Süßwasser-Schnecken kommen an die Oberfläche um zu athmen und schließen dann ihre flimmernde Lungen-Höhle so lange, als sie wieder in die Tiefe gehen. Doch ist außerdem der Sippe Onchidium zu erwähnen, eines Meer-Bewohners, welcher, unsern Nackt-Schnecken ähnlich in Gestalt, auf dem Rücken auch noch Baum-förmige Kiemen trägt wie die Nacktkiemener, durch welche er auch so lange athmet als er sich unter dem Wasser befindet, während er sich seiner Lungen-Höhle bedient, wenn ihn die Ebbe auf der trocknen Küste zurückläßt. Ampullaria hat neben der Höhle mit Kamm-förmigen Kiemen auch noch eine Lungen-Tasche, um zur Zeit athmen zu können, wo die Sümpfe, worin sie lebt, ausgetrocknet sind. Mit Ausnahme dieser zwei letzten Fälle der Anpassung an äußere Existenz-Verhältnisse bieten die Lungenschnecken mithin keine auffallenden Ungleichheiten dar.

Die nächsten Luft-Athmer sind die Luft-Insekten, die Myriopoden, Hexapoden und Spinnen. Doch gerade unter diesen zuletztgenannten kommen auch die alleinigen Beispiele vor, wo Thiere nach dem Typus der Luft-Athmer gebaut, der Respirations-Organe gänzlich entbehren. Es sind, wie sich erwarten läßt, zugleich Gefäß-lose Wesen, theils parasitische Wasser-Thiere: Pyknogoniden, fast ohne Abdomen mit bis in die Beine fortsetzenden Ästen des Nahrungs-Kanals, die sich also zu den übrigen Kerb-Thieren etwa wie die Quallen und manche Würmer zu den Kiemen-Thieren verhalten (Fig. 192), und die Sippe Myzostomum, — theils sind es die sogenannten Tardigraden (ebenfalls ohne Hinterleib), welche bei mangelnder Feuchtigkeit alle Funktionen einstellen, — theils endlich sind es äußere und innere Parasiten von Land-Thieren (Linguatula, Pentastomum, Entozoen

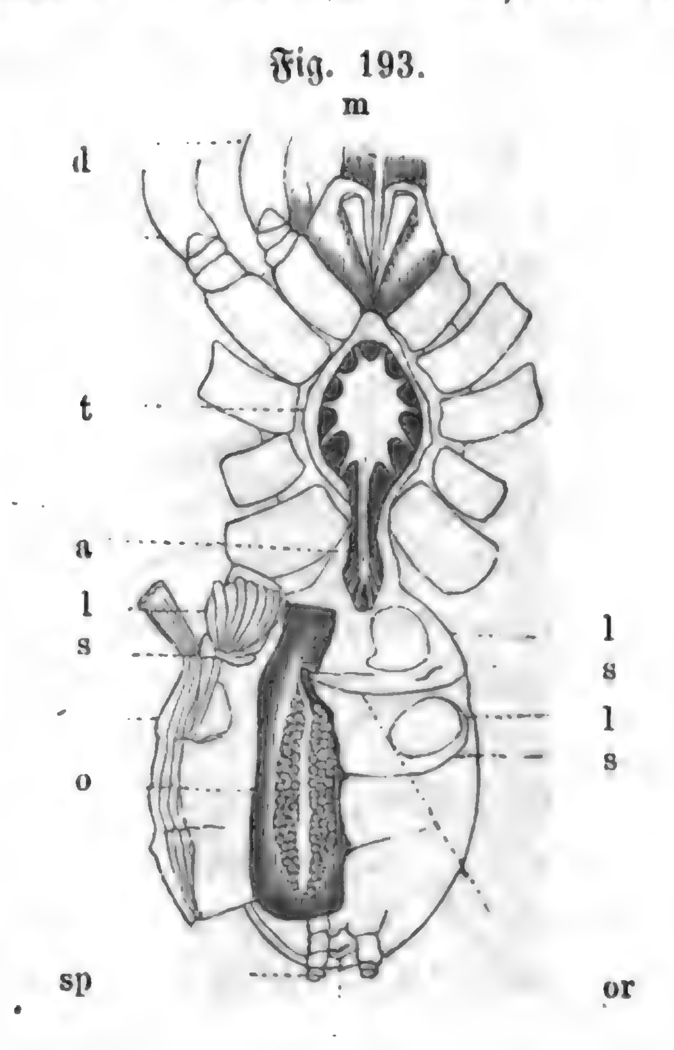
Fig. 192.



Pycnogonum litorale.

folliculorum). Gehen wir aber zu denjenigen Kerb-Thieren über, welche zur Luft-Athmung eingerichtet sind, so finden wir solche bei den Myriopoden und Hexapoden am weitesten durch den Körper verbreitet, während sie bei den Arachnoideen fast auf das Abdomen (Fig. 193) beschränkt erscheint; aber auch hier noch nirgends ein selbstständiges Organ. Die zwei erst-genannten Kerbthier-Klassen besitzen nämlich neben einer grö-ßeren oder geringeren Anzahl von Ringeln an der Brust und dem Abdomen zwei Reihen von Luft-Löchern, Stigmata, 1 bis 9 und mehr Paare bildend, welche sie öffnen und schließen können, um Luft einzulassen oder zurückzuhalten (Fig. 194). Aus diesen Stigmaten entspringen kurze Kanäle, welche alle in eine jederseits im Körper hinziehende einfache oder doppelte und dann bei den Stigmaten immer wieder vereinigte Luft-Röhre oder Trachee einmünden, welche zahlreiche Äste mit zahllosen Verzweigungen, die sich oft in Birn-förmige Bläschen endigen, auf- und ab-wärts bis in die Fuß- und Palpen-Spitzen zwischen alle Muskel-Schichten aussenden und durch

Fig. 193.



Mygale: s Stigmata, l l Lungentracheen, m Oberkiefer, an After, t Thorakal-Ganglien mit medianer Fortsetzung in 2 Nerven-Stränge a, o linker Eierstock, or Genitalöffnung, sp Spinnwarzen.

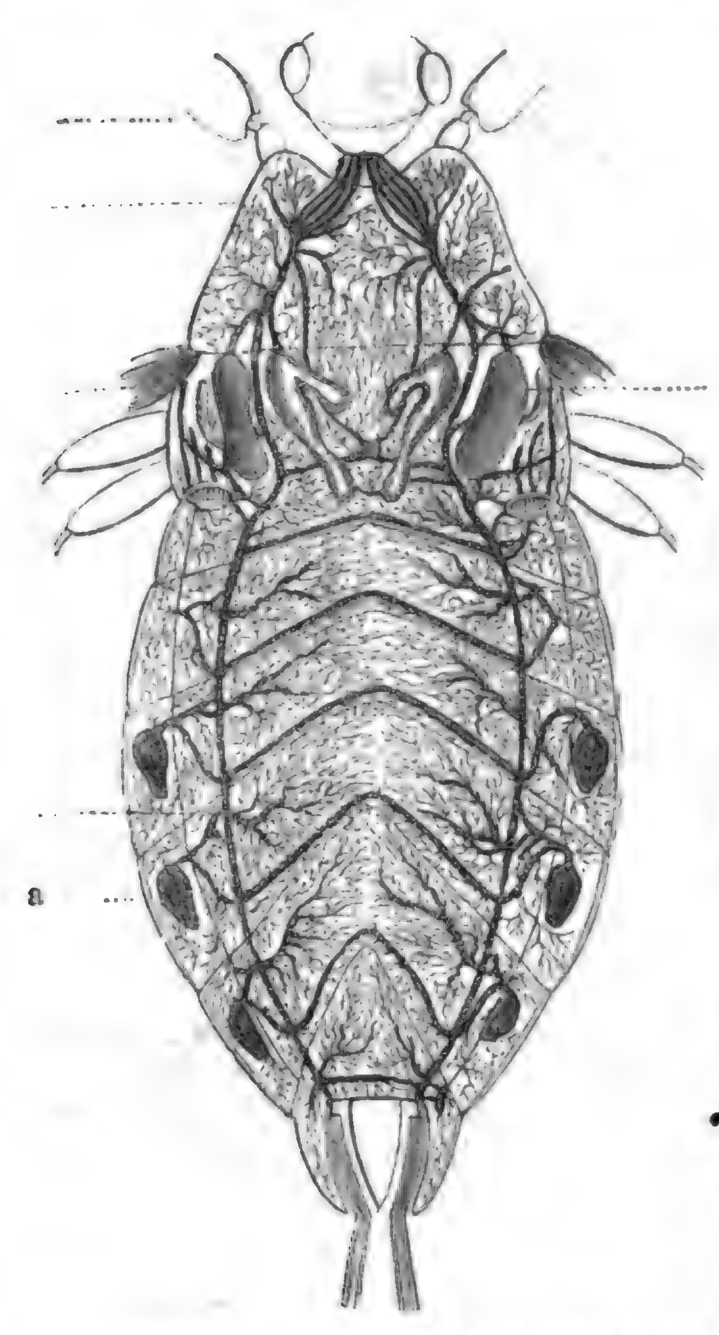
Fig. 194.



Bombyx mori, Seiden-Raupe mit sichtbaren Stigmaten über den hintern Füßen.

diese auch sich im Abdomen von beiden Seiten her in Querbogen verbinden (Fig. 195) oder beiderseits dadurch mit einander kommunizieren, daß die abwärts gehenden Seiten-Äste aus allen Abdominal-

Fig. 195.



Nepa cinerea: Tracheen-System; bei a die Stigmate; am hintern Ende des Körpers der Anfang der Röhre, mittelst deren das Thier Luft über dem Wasser-Spiegel herabholt.

Fig. 196.

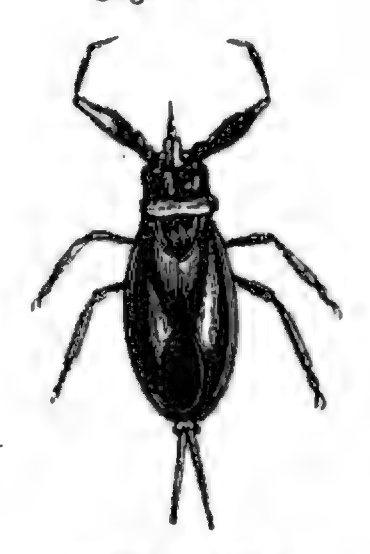


Tracheen-Stück mit dem Spiralfaden, der seine Spannung unterhält.

Ringeln sich in einem gemeinsamen Knoten-Punkte unten über der Mittellinie des Körpers vereinigen. Alle diese Luft-Röhren von drehrunder Form (Fig. 196) haben eine aus zwei Häutchen zusammengesetzte Wand, zwischen welchen Häutchen ein spiraler Faden in dichten Windungen herumläuft und durch welche die Einwirkung der in den Luft-Röhren enthaltenen Luft auf die Säfte des umgebenden Zellgewebes stattfindet. Je vollständiger also die so herumgeleitete Luft in allen Theilen des Körpers mit den Nahrungs-Säften im Zellgewebe in Berührung gebracht werden kann, desto entbehrlicher werden die Blutgefäße, welche das Blut zu einem lokalen Athmungs-Organe zu führen bestimmt sind, wenn nur eine Vorrichtung getroffen ist, daß das Blut selbst zwischen dem zu ernährenden Zellgewebe beständig in Bewegung bleibt. Dieß wird in der That durch das früher erwähnte pulsirende Herz oder Rücken-Gefäß bewirkt, welches bei jeder Pulsation die Blut-Säfte längs seiner Seiten in sich aufsaugt und nach

vorn wieder ausgießt, wodurch dieselben dann genügend auch für den übrigen Theil des Körpers in einen Kreislauf versetzt werden, ohne überall geschlossener Gefäße zu bedürfen, deren übrigens immer noch einige von untergeordneterer Bedeutung, insbesondere bei den Myriopoden, vorhanden zu sein pflegen. Die im Wasser lebenden Tracheen-Insekten müssen entweder von Zeit zu Zeit an die Oberfläche kommen um zu athmen und eine Luft-Hülle mit in die Tiefe nehmen, oder sich ihrer Stigmata in der oben S. 237 angedeuteten Weise bedienen, um sich in ihrem Inneren die angemessene Luft-Mischung zu erhalten, oder endlich die 2 längs-laufenden Tracheen-Stämme münden in eine aus zwei Halbzylindern gebildete Luftröhre am After aus (Fig. 197), mit deren Hülfe das Thier, welches sich nur in seichtem Wasser aufhält, sich oft genug mit der Luft in Verbindung setzen kann, ohne den Boden zu verlassen. Die größte Anzahl der Stigmata findet sich bei den Myriopoden, die kleinste bei den Dipteren.

Fig. 197.



Nepa cinerea.

Während ein Theil der Arachnoideen, die schon S. 238 erwähnten „Apneusten" und wohl noch einige andere Wasser-Milben (Hydrachna) nämlich, gar keine Respirations-Organe besitzen, zeigen andere ganz an der Unterseite des Leibes gelegene Stigmata. Bald sind ihrer nur zwei ganz vorn am Bauche oder selbst an der Brust, welche zu 2 Tracheen führen, die wie die vorigen beschaffen sind (Tracheen-Spinnen); bald sind deren 4—8, wovon die 2 hinteren ebenfalls noch öfters mit Tracheen in Verbindung stehen, während die vorderen (allein oder bei den Skorpionen sogar alle 8) zu eben so vielen sogenannten Lungen-Säcken führen (Lungen-Spinnen, S. 239). Diese Lungen sind aber nichts anderes als Tracheen ganz oder größtentheils ohne Spiral-Faden und in Finger oder vielmehr so wie ein Buch in Blätter getheilt, statt sich Baum-förmig allmählich in Äste und Zweige aufzulösen, daher nicht nur mehr lokalisirt, sondern auch so eingerichtet, daß sich im kleinsten Umkreise ihre Oberfläche möglichst vergrößere. War daher bei den Hexapoden und Myriopoden der ganze Körper in allen seinen Theilen zugleich ein Luft-Athmungs-Organ, so kann Dieß bei den Spinnen nur noch von einem Theile des Abdomens gesagt werden.

Im Kreise der **Wirbelthiere** finden wir die Luft-Athmung bei einem Fische, bei Reptilien, Vögeln und Säugethieren wieder. Der Fisch ist Lepidosiren, bei welchem neben den Kiemen auch eine aus der Schwimmblase hervorgegangene Lunge vorhanden ist, die ihn in den Stand setzt, beim Austrocknen der Gewässer, die er bewohnt, unter allerlei Haufwerk vergraben eine mehr und weniger lange Zeit ohne Wasser auszudauern (Fig. 198). Die Lunge ist ein freies, selbstständiges, in die Brusthöhle eingeschlossenes Organ, welches in 2 Hälften getheilt das Herz umgibt und aus Luft-Bläschen besteht, in welche die feinsten Verzweigungen der Luft-Röhre auslaufen, und aus Kapillar-Gefäßen der aus dem Herzen kommenden Lungen-Arterie, welche sich als zarteste Netze über jene Bläschen verbreiten und dadurch die Einwirkung der Luft auf das venöse Blut, welches sie enthalten, zur Entkohlung desselben ermöglichen. Der geschlossene kleine Kreislauf des Blutes durch das Herz und die Lungen (oder die Kiemen), im Gegensatze des großen durch Herz und Körper gehenden, ist durch die schematischen Bilder S. 215, Fig. 147 und S. 208, Fig. 137 schon genügend versinnlicht worden. Es ist schon angegeben, daß bei manchen Reptilien eine Zeit lang die Kiemen- neben der Lungen-Respiration fortbesteht (S. 236) und daß das von dem Herzen nach den Lungen gelangende Blut mehr und weniger mit arteriellem Blute gemengt ist (S. 202, Fig. 128); die Lungen-Bläschen sind hier noch ziemlich ansehnliche Schläuche mit wenigen Zwischenwänden, und die über ihnen verbreiteten Gefäße weit minder zahlreich, als bei den Vögeln und Säugethieren. Bei anderen ebenfalls noch unvollkommenen Reptilien, den Schlangen, wo die Lunge zuerst ausschließend auftritt, pflegt nur die eine Hälfte derselben entwickelt zu sein. Dagegen findet sich bei den Vögeln außer der Lungen-Respiration noch eine andere, durch den ganzen Körper verbreitete, indem die in die Lungen getriebene Luft durch gewisse darin enthaltene Kanäle (Fig. 199) und mit diesen in Verbindung stehende Luft-Säcke (Fig. 200) sich überall hin im Körper bis in die Flügel- und

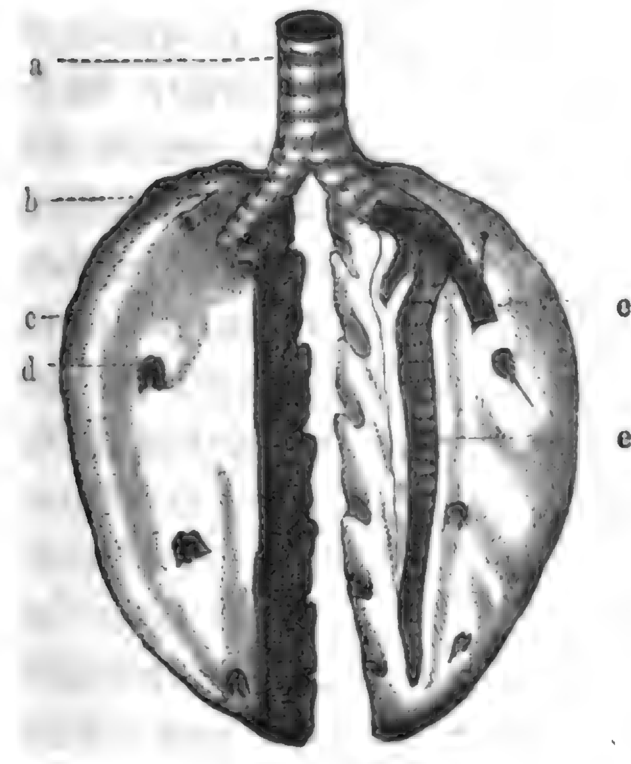
Fig. 198.



Lepidosiren.

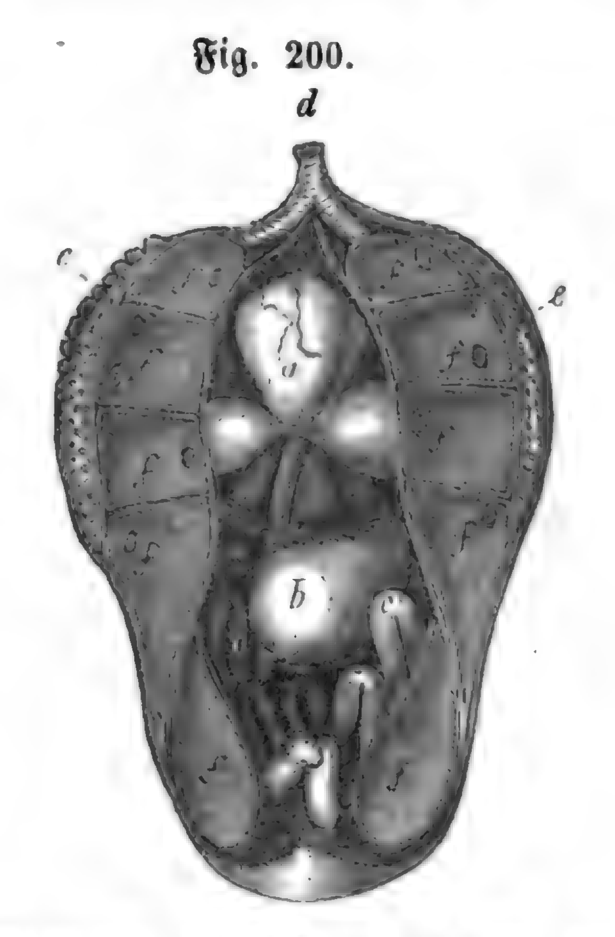
Bein-Knochen und ins Brustbein verbreiten kann; indessen erscheint diese Einrichtung neben einem bereits vollkommenen Lungen-Organ bei der außerordentlichen, viel Blut konsumirenden Thätigkeit aller

Fig. 199.



Lungen und Luft-Kanäle eines Vogels: a Luftröhre, b Zweig derselben, c Lunge, d Öffnung in einen Luft-Sack, e e aufgeschlitzter Bronchial-Ast.

Fig. 200.

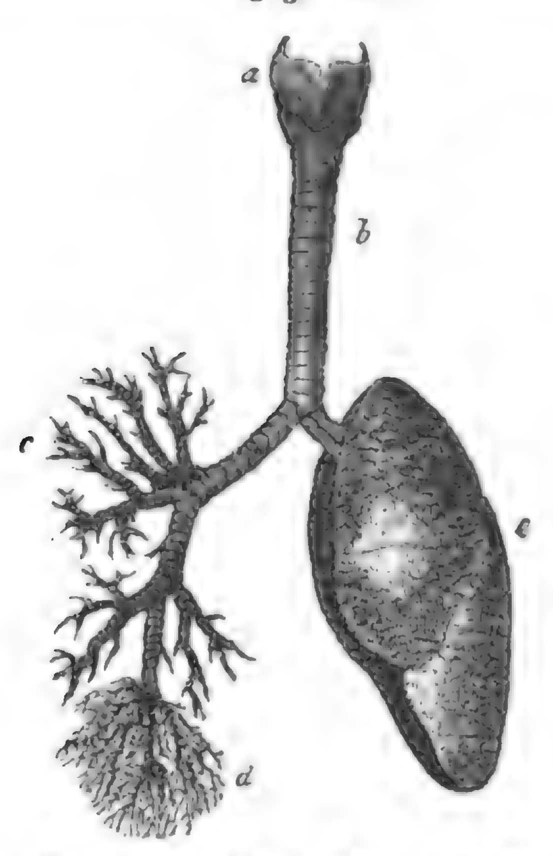


Eingeweide des Straußes: a Herz, b Magen, c Därme, d Luftröhre, e Seitenwand der Lunge, welche übrigens von den vorderen der Luft-Säcke f f verdeckt ist; in denselben sieht man die Öffnungen, durch welche sie mit den Lungen zusammenhängen.

Theile des Vogel-Körpers als eine nothwendige Verstärkung der Funktion und stets um so mehr entwickelt, je mehr der Vogel zu andauerndem Fluge genöthigt ist. — Die Säugethiere bedürfen dieser Verstärkung nicht mehr, wogegen die Größe, die Weitzelligkeit und der Gefäß-Reichthum der Lungen je nach Aufenthalt und Bewegungs-Weise derselben sich etwas abändert (S. 207, Fig. 135; 201). Dagegen wird die Luft-Röhre der Vögel (Fig. 200) wegen ihres langen und dünnen Halses durch Knorpel-Ringe, aus deren Aneinanderreihung sie gleichsam besteht, bei allen Bewegungen für die ununterbrochene Respiration offen gehalten, während bei den Säugethieren schon Halbringe genügen, bei den trägen und kurzhalsigen Reptilien auch diese entbehrt werden können. Diese Luft-Röhre selbst, ein den Kiemen- so wie allen wirbellosen Thieren völlig fremdes und auch von der Lunge durchaus differenzirtes Organ, theilt sich erst in

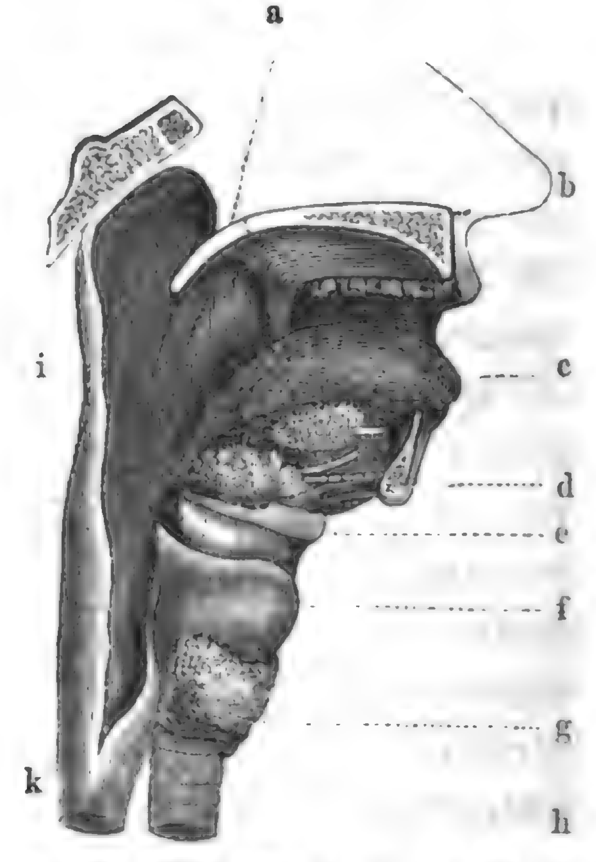
zwei Äste oder Bronchien, die sich dann in viele Verzweigungen auflösen (S. 207, Fig. 135 und Fig. 199), noch ehe sie in die Lungen selbst eintreten, um in diesen endlich sich noch feiner zu vertheilen. Bei den Luft-athmenden Wirbelthieren ist die Nase durch eine hintere Öffnung, die den Fischen fehlt, mit dem Schlunde verbunden, um auch bei geschlossenem Munde die Luft durch dieselbe in die Luft-Röhre treten zu lassen. Ein Gaumenseegel schützt diese hintere Nasen-Höhle gegen das zufällige Eindringen von Speise in dieselbe. An der Theilung der Luft-Röhre (Fig. 199 b) bildet sich bei den Vögeln ein oft mit vielen Muskeln versehener sogenannter unterer Kehlkopf zu Erzeugung der Stimme; bei den Säugethieren dient ein kompleter oberer Kehlkopf (Fig. 201 a) mit einem Kehldeckel zu diesem Zwecke und zugleich zum Abschluß und Schutze des Eingangs der Luft-Röhre gegen das Eindringen fremder Körper von dem Schlunde aus (Fig. 202).

Fig. 201.



Lunge und Luft-Kanäle beim Menschen:
a Kehlkopf, b Luft-Röhre, c d Verzweigungen des rechten Astes derselben, e linke Lunge.


Fig. 202.

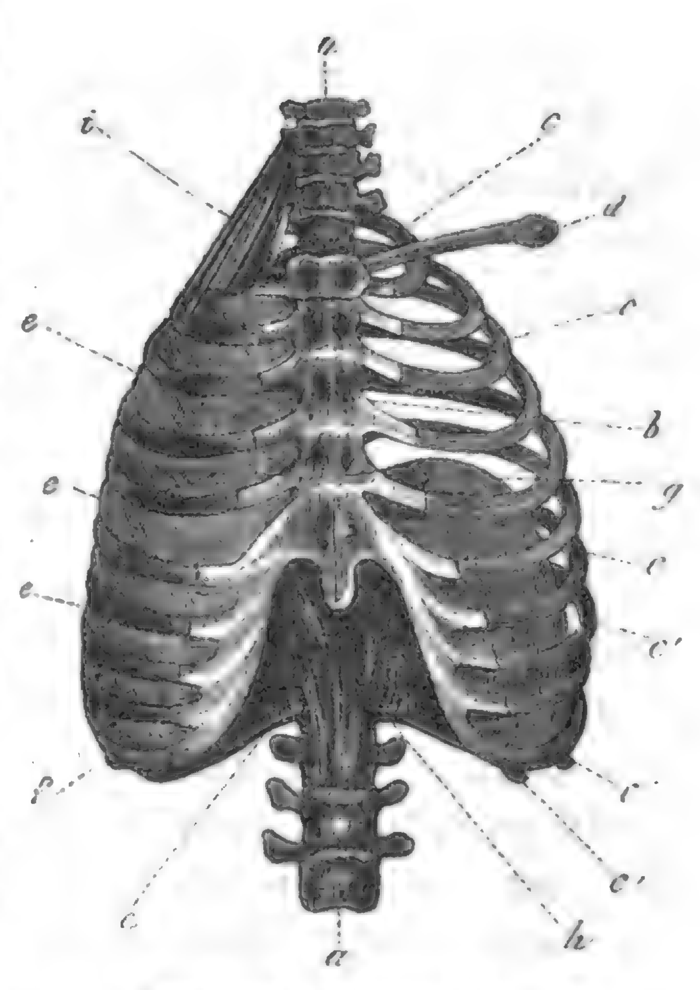


Mundhöhle beim Menschen: a Gaumenseegel, b Nase, c Zunge, d Speicheldrüsen, e Zungenbein, f Kehlkopf, g Schilddrüse, h Luft-Röhre, i Schlund, k Speise-Röhre.

So erlangt der Mund, bei den niedersten Thieren fehlend oder auf einen einfachen Spalt beschränkt, bei den höchsten wohl unter allen Theilen des Körpers die größte Manchfaltigkeit der Organe und Funktionen durch die immer fortgesetzte Differenzirung seiner Theile. Bei den niedersten Thieren war die beharrliche Erneuerung des

Wassers um die Kiemen theils durch eine ununterbrochene Beweglichkeit der Thiere selbst im Wasser, theils durch die unausgesetzte Thätigkeit der Flimmerhaare bewirkt worden, die sich auch noch bis in höhere Klassen herauf erhalten. Die Aufnahme der Luft in die Lunge wird als eine abwechselnd aus-und-ein-gehende Strömung in regelmäßigen Athem-Zügen bewirkt vermittelst der hebenden Thätigkeit der Brust-Muskeln auf den aus Rippen und Brustbein zusammengesetzten Brust-Kasten, worin dieselbe das Herz umhüllend liegt (Fig. 203), wonach dieser wieder zusammensinkt und durch seinen Druck auf die Lunge die nun gekohlte Luft austreibt. Dieser Motor mangelt den Wirbel-losen Thieren gänzlich, und selbst bei den Kiemen-führenden Fischen wird bei der Lage der Kiemen vor der Brust die Athmungs-Strömung des Wassers nothwendig auf eine andere Art vermittelt. Sogar noch am Eingange zu den Klassen der Lungenthiere muß sie bei den Batrachiern wegen unvollständigen, bei den Schildkröten wegen unbeweglich verwachsenen Brust-Korbs auf eine andere Art bewirkt werden. Jene entleihen daher die kontrahirende Mitwirkung des Bauch-Muskels, um die in die Lungen eingetretene Luft abwechselnd wieder auszutreiben; diese vermitteln den Eintritt der Luft in die Lunge nur durch wechselnde Senkung und Hebung der Zunge gegen die hinteren Nasenlöcher.

Fig. 203.



Brustkorb des Menschen: aa Wirbelsäule; b Brustbein; cc Rippen; d Schlüsselbein; h i Muskeln.

Man kann daher die fortschreitende Differenzirung der Organe, die Theilung der Arbeit der Respiration unter dieselben für die Wasser-Thiere und für die Luft-Thiere eben sowohl wie die Arbeits-Theilung des Blut-Kreislaufes, der Ernährung und der Mehrzahl der übrigen Funktionen, wie der Bewegung, Empfindung und

Fortpflanzung, etwa nach folgendem einfachen Schema darstellen, welches von unten aufwärts zu lesen ist:

innere }
äußere } , bei Luft-Respiration nur auf innere Organe.

auf eigene Organe:

auf fremde aushelfende Organe.

örtlich beschränkt:

allgemein vertheilt.

besondere Funktion vorhanden:

besondere Funktion fehlt.

Diese verschiedenen Abstufungen sind bald mehr und bald weniger vollständig vertreten und lassen großentheils noch eine geringere oder größere Anzahl von Unterstufen unterscheiden.

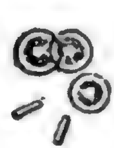
Dieselben Abstufungen der Differenzirung lassen sich aber auch in der Nahrungs-Flüssigkeit erkennen. Während die unvollkommensten Thiere ihre Beute auf die unmittelbarste Weise und schon durch bloße Berührung zu verflüssigen und in ihre eigene Materie umzuwandeln scheinen, unterscheidet man bei den vollkommensten dreierlei Abstufungen in der Beschaffenheit der Nahrungs-Flüssigkeit, in welche die Nahrung verwandelt werden muß, damit sie in die feste Körper-Masse des neuen Thieres übergehen kann. Zuerst saugen die Saugadern am Darme den Chylus, Milchsaft, oder die Lymphe aus dem Speise-Brei auf und führen ihn die Lymph-Gefäße dem Blute zu. Durch den Athmungs-Prozeß selbst in arterielles Blut verwandelt gelangt er in den Blut-Gefäßen zu allen zu ernährenden Theilen des Körpers, gibt durch die Gefäß-Wandungen hindurch mittelst eines exosmotisch-endosmotischen Prozesses von seinen Bestandtheilen ab, nimmt andere dagegen auf und kehrt dann mit Kohlenstoff beladen als venöses Blut zur Wiederherstellung durch die Athmung in die Lungen zurück (Fig. 137 und 147). Jener Austausch findet statt mit einem ebenfalls mit dem Namen Lymphe oder besser Gewebe-Flüssigkeit bezeichneten Fluidum von ziemlich klarer und homogener Beschaffenheit, welches sich außerhalb der Gefäße im Zellgewebe findet. Nun erkennt man aber bei denjenigen unvollkommenen Thieren, welche noch keine Gefäße haben, nur einerlei Flüssigkeit, und auch da, wo das Gefäß-System nicht ganz geschlossen ist, mischen sich alle drei mehr und weniger durcheinander. Ein geschlossenes Gefäß-System haben aber nur einige Klassen der Weichthiere (S. 209) und die Wirbelthiere, weshalb bei diesen

letzten das Blut in seiner Ausbildung noch viel höher als bei jenen steht. — Der Chylus ist eine Wasser-haltige, wenig trübe, farblose oder schwach gefärbte Flüssigkeit, welche im Allgemeinen um so mehr Chylus-Kügelchen oder -Bläschen (Fig. 204), Extraktiv-Stoff, (Stickstoff-haltiges) Fibrin und Albumin, Fett-Tröpfchen und Salze zu enthalten scheint, je höher der Thier-Typus ist, wenn nicht etwa die Knochen- und Schaalen-bildenden Thiere einen größeren Reichthum an Erd-Salzen besitzen, als andere von gleicher Höhe. Das Blut zeigt dieselben Bestandtheile noch mit Blut-Kügelchen verbunden, aber weniger Extraktiv-Stoff; auch tritt (ebenfalls Stickstoff-haltiger) Harnstoff, welcher durch die Nieren aus dem Blute ausgesondert wird, deutlicher und oft reichlicher im Blute hervor als dort. Die Blut-Kügelchen umschließen Stickstoff-haltiges Globulin und Eisen-haltigen Farbstoff, welche beide auf endosmotischem Wege aus jenen austreten können. Alle Wirbelthiere (mit Ausnahme wieder von Branchiostoma) enthalten rothes Blut, dessen gewölbt-scheibenförmigen Blut-Kügelchen im Allgemeinen um so zahlreicher, kleiner und (statt von elliptischem Umrisse) runder sind, einer je höheren Thier-Klasse das Blut gehört (Fig. 205, 206). Endlich besitzt bei

Fig. 204.

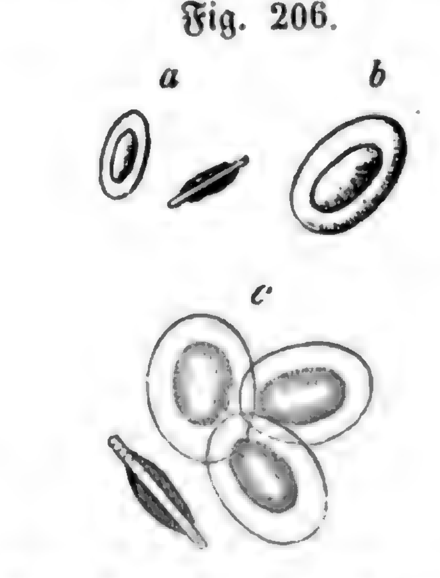
Chylus-Körperchen.

Fig. 205.



Blut-Körperchen des Menschen.

Fig. 206.

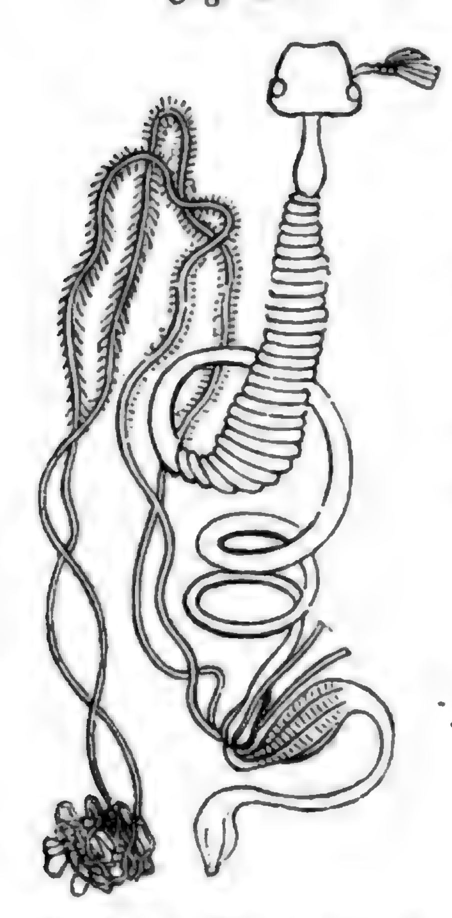


Blut-Körperchen von Vogel a, Frosch b, und Haifisch c.

den Vögeln und Säugethieren das Blut eine höhere Temperatur als sonst, bei diesen von 28°, bei jenen bis zu 30°—35°. Diese dreierlei Flüssigkeiten können sich nun nur in dem Grade ausbilden, als die verschiedenen Arten der sie enthaltenden Organe und Gewebe sich von einander differenziren, und können sich nur in dem Grade unvermischt erhalten, als mehr und mehr geschlossene Gefäße vorhanden sind. So kommen zwischen jenen einfachen Nahrungs-Säften der unteren Thier-Klassen und diesen genauer charakterisirten der obersten gewiß alle möglichen Abstufungen der Differenzirung vor.

Endlich haben wir noch der Organe für die verschiedenen Sekretionen und Exkretionen zu erwähnen, die aus dem Blute stattfinden und nicht zu den schon oben aufgeführten gehören, welche die Verdauung zu befördern bestimmt sind. Dahin gehören insbesondere die gewöhnlich mehr und weniger verzweigten, nach hinten mit einer gemeinsamen Ausmündung versehenen Exkretions-Kanäle vieler Darm-, Mund-, After- und Kiemen-losen oder nur saugenden Binnenwürmer, welche keine Fäces abzuführen haben, weil sie nur assimilirte Nahrung zu sich nehmen, aus deren Säfte-Masse aber gleichwohl fortwährend eine Parthie unbrauchbar gewordener Stoffe fortzuschaffen ist, und wo, wie es scheint, diese Kanäle die exkretorische Funktion der Lunge und der Harnblase und anderer Organe zugleich übernehmen. Dahin die Harn-Werkzeuge, welche den Harn, eine Auflösung Stickstoff-haltiger Zersetzungs-Produkte, aus dem venösen Blute abzuscheiden und nach außen zu führen haben. Sie erscheinen paarig, zuerst bei den Lamellibranchiaten, kommen bei allen darüber stehenden Mollusken vor und finden sich dann mit Übergehung der Kiemen-Kerbthiere bei allen Luft-athmenden Entomozoen und bei allen Wirbel-Thieren wieder. Bei den Mollusken, unter dem Namen der Bojanus'schen Drüse bekannt, liegen sie immer dicht am Herzen, haben die Form von Säcken mit Netz-artiger oder blätteriger Oberfläche und reichlichen Kapillar-Gefäßen. Bei den Cephalopoden bilden sie an den Hohlvenen sitzende Büschel; in ihren Zellen findet sich immer etwas Harnsäure. Bei den Luft-athmenden Insekten haben sie die freiere Form langer ästiger und geschlängelter Kanäle, welche in 2, gewöhnlich aber 4—6 (vergl. S. 202, Fig. 127 e und Fig. 207), in manchen Fällen sogar (Bienen, Heuschrecken ɪc.) bis über 100 unter dem Namen der Malpighischen Gefäße vorhanden sind, aber dann zu einer geringeren Anzahl von Stämmen vereinigt, am Anfange des Mast-Darms einmünden. Bei den Wirbel-Thieren nehmen sie die konkretere aber innerlich weit zusammengesetztere Form der Nieren an, aus welchen bei vielen Fischen, mehren Reptilien und allen

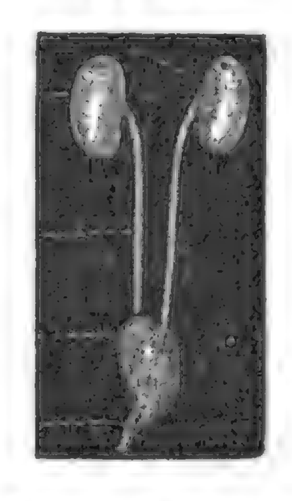
Fig. 207.



Melolontha: Darmkanal mit 2 Harnwerkzeugen (2 der rechten Seite weggeschnitten).

Säugethieren 1—2 Harnleiter den Harn in eine abgesonderte Harn-Blase führen, welche bei den Fischen hinter dem After, bei den Reptilien, Vögeln (Fig. 128, die Harnleiter selbst) und monotremen Säugethieren durch die Kloake, bei einigen Fischen und den meisten Säugethieren aber (Fig. 131 lp; Fig. 208) durch die Geschlechts-Öffnung nach außen mündet, also nirgends zu einer selbstständigen Öffnung gelangt. — Die übrigen Ab- und Aus-sonderungen, wie der die Kühlung bezweckende Schweiß der Säugethiere, die Spinn-Flüssigkeiten der Raupen und Spinnen (S. 239, Fig. 193), die Gifte der Schlangen, Spinnen, Skorpionen ꝛc., die Sepie der Cephalopoden, der Schleim der Fische und der Schnecken, die Firniß-artigen Überzüge für die Eier vieler Insekten, und so viele andere sind zu isolirte, zu sehr für die Sonder-Bedürfnisse der einzelnen Thier-Gruppen, wo sie sich finden, berechnete Erzeugnisse, als daß die Anordnung der ihnen dienenden Organe unserer Betrachtung eine wesentliche Ausbeute darbieten könnte.

Fig. 208.



Säugethier: Nieren, Harnleiter und Harnblase.

b) Die freiwilligen Ernährungs-Funktionen insbesondere.

Wir haben uns bisher mit den unfreiwilligen Ernährungs-Funktionen zuerst beschäftigt, weil sie uns wenigstens einige Vergleichungs-Punkte mit denen der Pflanzen darbieten konnten; wir haben uns jetzt noch nach den freiwilligen Akten der Ernährung umzusehen und daher zum Ergreifen und zur mechanischen Verarbeitung der Nahrung zurückzukehren, wofür es in der Pflanze keine Vertretung als die von Tag zu Tag, von Jahr zu Jahr weiter um sich greifende Verbreitung ihrer zahlreichen Nähr-Wurzeln im Boden und der reichen nicht allein athmenden, sondern auch absorbirenden Blätter-Fülle im Luft- und Licht-Raume gibt, deren Thätigkeit in Bezug auf das Gemenge unserer Atmosphäre sich so wunderbar mit der der Athmungs-Organe des Thier-Reiches kompensirt.

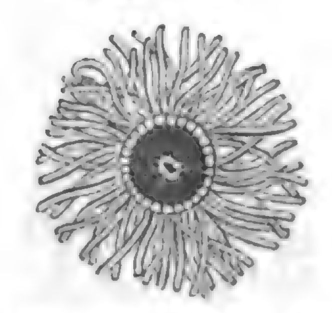
Die Mittel zur Nahrungs-Aufnahme, Mandukation, müssen im Allgemeinen bei jedem Thiere um so vollkommner sein: 1) je unvollkommner es sich bewegen kann, und da Lokomotions-unfähige Thiere nur in den untersten, nicht in den oberen Kreisen des Systemes vorkommen, so steht die Entwickelung der Mandukations-

Organe im Allgemeinen sehr oft im umgekehrten Verhältnisse zu der Organisations-Höhe: ein seltener und in dieser Ausdehnung bei anderen Organen nicht wieder vorkommender Fall. Die fest-gewachsenen Thiere sind mitunter genöthigt in ihrer Form die Pflanzen nachzuahmen und einen ganzen Wald von Greif-Organen nach allen Richtungen hin auszubreiten. Da die fest-gewachsenen Thiere sämmtlich blind sind, anfangs aber Lokomotions-fähig und größtentheils sehend waren, so kann man die stärkere Entwickelung der Mandukations-Organe theilweise selbst als eine Folge rückschreitender Metamorphose betrachten und muß bei den hierher gehörigen Thieren die kulminirenden im Gegensatze zu den embryonischen Charakteren (S. 147) mit großer Vorsicht prüfen, wenn es sich darum handelt, sie als Beweise höherer Vollkommenheit zu benutzen. — Dann andererseits 2) hängt die Vervollkommnung der Mandukations-Organe auch zum Theil von der Art der zu ergreifenden, zu verarbeitenden und zu Mund zu bringenden Beute ab, zumal es oft schwer ist die richtige Grenze zu finden, wo hier die Mandukation beginnt. Wir werden, wo Abkürzung der Darstellung damit erreicht werden kann, an einer allzuscharfen Abgrenzung nicht festhalten. Von diesen beiden Bedingungen ist die eine (1) eine mehr innere, dem Thiere selbst angehörige, die andere (2) fällt unter die Zahl der äußeren Existenz-Bedingungen und ist daher ebenfalls weniger geeignet, an und für sich ein Mittel zur Stufenordnung der Organismen abzugeben. Auch wiederholen sich die festsitzenden Thiere mit manchen Unterbrechungen in so verschiedenen Kreisen und Klassen, die Mandukations-Mittel und -Organe sind von so ungleicher Art und werden mitunter zu so ungleichen, nur einer einzelnen Sippe oder kleinen Familie eigenen Zwecken nöthig, daß sie uns eine viel minder zusammenhängende Gradation darbieten, als andere Funktionen und Organen-Systeme.

Auch zu diesem Zwecke sehen wir die Rhizopoden die willkührlich gebildeten Fäden ihrer Körper-Masse ausstrecken (S. 53—54, Fig. 29—31). Auch zu diesem Ende dient den meist fest-sitzenden Infusorien (S. 55, Fig. 33, 34), Polypen, Bryozoen und einer Menge anderer niedriger Thiere mit und ohne Lokomotions-Vermögen, mit und ohne anderweitige Mandukations-Mittel, das Spiel ihrer Flimmer-Haare mit, wodurch sie Wirbel des Wassers erregen, in welche kleinere ihnen zur Nahrung dienende Organismen und organische Reste hinein und dem Munde zu-geführt werden. Bei den Tunikaten (S. 223—224, Fig. 159—161) und selbst bei Branchiostoma

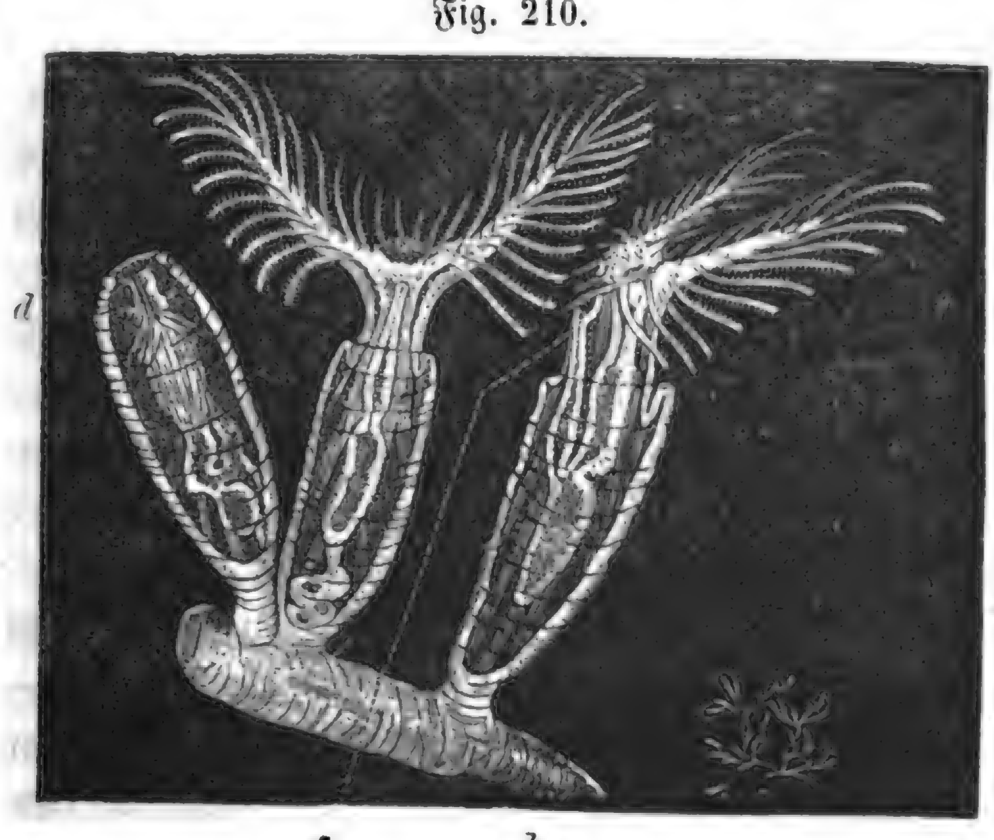
unter den Fischen sind es die längs den Kiemen-Gitterstäben, bei den Lamellibranchiaten die an Mantel und Kiemen sitzenden Wimper-Streifen, welche das Nahrung-führende Wasser zwischen die Kiemen und in die Nähe des Mundes leiten (S. 223, Fig. 159 und 160). Die Polypen (S. 195, Fig. 114, und Fig. 209), die Hydren und Sertularien (S. 59, Fig. 36, 37) haben außerdem noch ihre ausstreckbaren und kontraktilen mehr und weniger zahlreichen Arme, woran aber ihre Flimmer-Haare vorzugsweise festzusitzen pflegen. Solche Arme, mit und ohne Flimmer-Besatz in verschiedenen Abänderungen in der Nähe des Mundes angebracht, sind überhaupt die natürlichsten und gewöhnlichsten Organe bis an die Grenze der Kerbthiere herauf. Wir unterscheiden zuerst weiche (im Gegensatze der gegliederten) Fangarme. An die vorhin erwähnten weichen reihen sich die Kränze ebenfalls wimpernder Arme der festsitzenden Bryozoen (S. 197, Fig. 118; Fig. 210), die ausstreckbaren oder nicht

Fig. 209.



Actinia: mehrfacher Tentakel-Kranz mit dem Munde in der Mitte.

Fig. 210.



Plumatella: a natürliche Größe; b vergrößert mit 2 fiederästigen gewimperten Armen, dazwischen der Mund; bei c der After; d in seine Zelle eingezogenes Individuum.

ausstreckbaren aber nicht zum Greifen? diensamen und oft von einem entsprechenden Kalk-Gerüste von der Schaale aus unterstützten zwei Spiral-Arme der fest-sitzenden Brachiopoden, welche gleichfalls nur durch

ihren Flimmer-Besatz die Nahrung dem Munde zuführen können (Fig. 211). Diesen Spiral-Armen oder wenigstens deren weichem Überzuge entsprechen bei den Lamellibranchiaten zwei Paare breiter Lippen-Anhänge oder Mund-Taster, welche durch ihre Bewegung das, oft durch den respiratorischen Strom bis dahin getriebene, Wasser der Umgebung mit seinem Gehalt an Nahrstoffen oder diese allein vollends dem vertieft gelegenen Munde zuführen (S. 224, Fig. 162). Zum letzten Male finden wir einen manduzirenden Flimmer-Apparat um den Mund bei den Räder-Thieren, wo deren Bewegung auf dem lappig-gebogenen Rand am Eingang in die Leibes-Höhle dem Schlunde beständig frisches Nahrungs-reiches Wasser zuführt (S. 208, Fig. 138). Wohl aber kommen weiche, nicht flimmernde Arme um den Mund noch öfters in den tieferen Klassen vor, wo sich jedoch Nessel-Organe, Saugscheiben, Krallen und noch andere Werkzeuge ihnen beizugesellen pflegen.

Fig. 211.

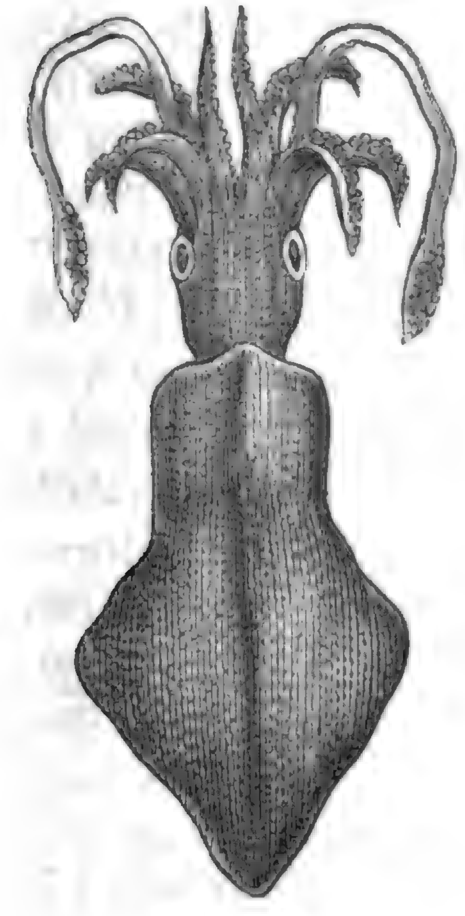


Terebratula: (mit nur einer Klappe), einen zusammengezogenen und einen ausgestreckten Spiral-Arm zeigend.

So sind bei den beweglichen Quallen die 4-—8zähligen kräftigen Fangarme um den Mund der Medusen oft noch von zahlreichen und sehr dehnbaren Fangfäden am Rande des Hutes begleitet, welche zugleich als Tentakeln, als Fühl-Organe dienen (S. 60, Fig. 39 und 40). Sie umwickeln mit diesen, sie erfassen mit jenen ihre Beute, um sie zu Munde zu führen. Auch die Rippen-Quallen besitzen rechts und links je einen mehr und weniger langen Fortsatz, der öfters schlank und ästig zweifelsohne mit dazu dient, die Nahrung zum Munde zu bringen (S. 63, Fig. 45). Die weichen Polypen jedoch wie die Quallen sind am größten Theile ihrer Oberfläche noch mit zahllosen Nessel-Organen versehen, kleinen Bläschen, welche, sobald als ein kleines Thierchen seine Nähe durch seine Bewegungen im Wasser verräth, aufplatzen und einen bis daher in Spiralform darin zusammengerollt gelegenen langen Faden hinaus-schnellen, der das fremde Thierchen wie ein Lazzo umwickelt und festhält, während schon dessen Berührung eine heftig nesselnde Empfindung verursacht, welche genügt, um kleine Kruster u. s. w. augenblicklich erstarren zu machen (auch die Sarkode der Rhizopoden scheint eine solche Wirkung zu äußern). Am einfachsten, kräftigsten und am wenigsten

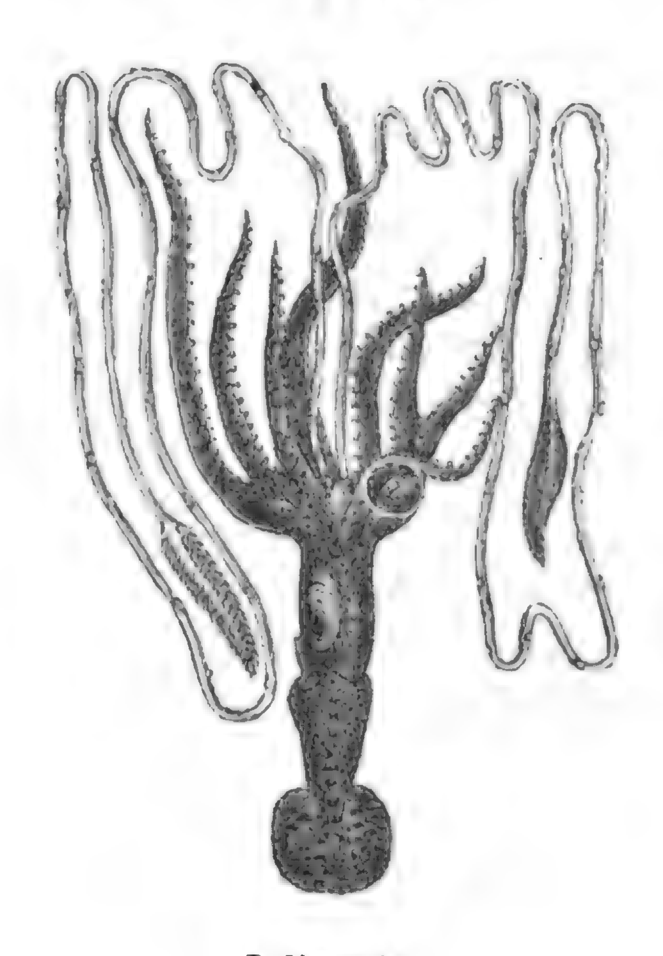
mit fremder Hülfe ausgeführt ist dagegen die Mandukations-Weise der Cephalopoden (Fig. 212, 213, 214), die mit 8—10 den Mund umstehenden muskulösen und von innen heraus injizirbaren Armen

Fig. 212.



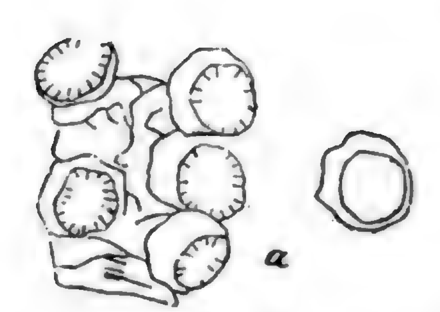
Loligo.

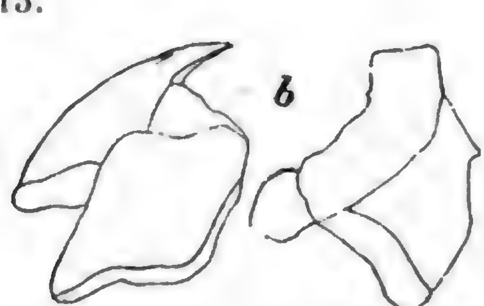
Fig. 214.



Loligopsis.

Fig. 213.





Loligo sagittata: a zweireihige Saugnäpfe, und b beide Kinnladen.

versehen sind, an welchen entweder zahlreiche Saugscheiben mit knorpeligen Ringen oder feine hornige Häkchen sitzen. Mit diesen Armen umschlingt das Thier seine Beute, mit den Scheiben saugt es sich daran fest, mit den Häkchen klammert es sich an, während es mit seinen hornigen oder kalkigen Schnabel-Kiefern dieselbe zu verzehren beginnt. Diese Entfaltung von Kraft und verfügbaren Organen steht weit über dem den Räderthieren zu Gebote stehenden Apparat,

obwohl diese als unterste Repräsentanten einem nächst höheren Kreise angehören, und weit über denen des Branchiostoma, obwohl dieses sogar die Schwelle zu dem Wirbelthier-Kreise bildet.

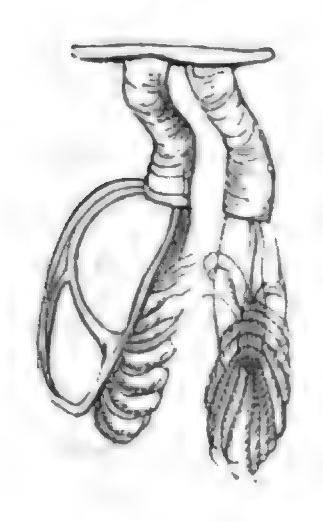
Bei weitem zusammengesetzter, aber nicht mehr kontraktil, erscheinen die gegliederten Arme der Krinoideen unter den Echinodermen, welche meistens auf einem langen und ebenfalls viel-gegliederten Stiele sitzen, der ihnen erlaubt sich nicht nur nach allen Richtungen hin in ziemlich weitem Umkreise zu krümmen und zu biegen, sondern oft auch selbst noch mit Wirteln viel-gliederiger Ranken besetzt ist (S. 60, Fig. 38 und S. 63, Fig. 43); nur einige dieser Thiere können sich auf fester Unterlage frei bewegen oder im Wasser schwimmen (S. 63, Fig. 44). Die Arme, auf dem Rande des Perisoms um den Mund her sich erhebend, sind gewöhnlich 5, zuweilen 4 oder mehr; selten einfach, gewöhnlich ein- oder mehr-mals gabelförmig getheilt oder fiederästig; alle Äste auf der oberen oder inneren Seite rinnenförmig ausgehöhlt, aus je 2 Reihen von beiden Seiten her keilförmig ineinander greifender kalkiger Glieder zusammengesetzt, und diese alternirenden Glieder wieder mehrgliederige doch stielrunde Ranken tragend*). Innerhalb dieser Ranken können sich aus zahlreichen in der Rinne stehenden Poren eine Menge durch Injektion sehr ausdehnbarer und mit Flimmer-Haaren bedeckter Füßchen oder Pedizellen erheben, die jedoch am Ende ohne Saug-Näpfchen sind und, da sie auch bei der Unbeweglichkeit fast aller Krinoideen nicht zur Lokomotion wie bei den Echinoideen dienen können, zweifelsohne als flimmernde und wahrscheinlich auch greifende Mandukations-Organe betrachtet werden müssen. Ranken der Säule?, der Arme und Zweige, Ranken und Pedizellen der Krone, alle sind, wie es scheint, zum Dienste der Mandukation bestimmt, alle sollen, was sie von Beute ergreifen können, eines dem andern überliefern, bis dieselbe dem zentralen Munde übergeben werden kann. Bei den frei beweglichen Ophiuriden werden die Arme meistens schon einfach. — Weit über diesen Thieren in dem Kreise der Kerbthiere treffen wir als Mandukations-Organe mitunter die ästigen Fühler oder Tentakeln mancher Annelliden, so wie auch nochmals vielgegliederte Ranken-tragende Arme bei den festsitzenden Cirripeden an, welche, jedoch, in Doppel-Paare hintereinander geordnet, eine verschiedene

---

*) Nur bei den Echinodermen scheint der Fall alternirender Stellung und zwar mehrfältig vorzukommen.

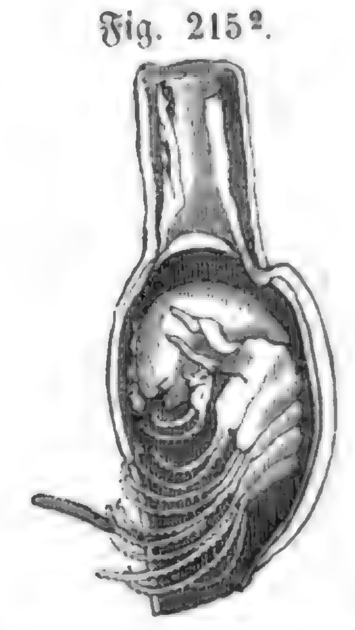
Homologie haben und aus umgebildeten Kruster-Füßen zu entstehen scheinen (Fig. 215 [1], 215 [2]). Weiter hinauf im Systeme reichen diese Greifarme nicht; sie beschränken sich auf Wasser-Thiere, und zwar, mit Ausnahme dieses letzten eigenthümlichen Falles, auf die der drei unteren Kreise.

Fig. 215 [1].



Lepas mit Schaale.

Fig. 215 [2].



Lepas: die vordere Schaale beseitigt.

Beide die Ranken-Füße zeigend.

Aber wir müssen nochmals zu denjenigen Echinodermen zurückkehren, welche frei beweglich sind und keine Ranken tragen, insbesondere zu den Asteriadeen, Echinoideen und Holothurien. Ihre Pedizellen dienen nicht wie bei den Krinoideen zur Mandukation, sondern zum Ortswechsel, und die viel-gliederigen Greif-Ranken sind bei Asteriadeen und Echinoideen durch nur an der Insertions-Stelle angegliederte Stacheln oder Stäbchen besetzt, die ebenfalls beim Ortswechsel als gelenke Stützen mitwirken, um die Reibung zu vermindern. Dafür aber tragen sie über den ganzen Körper und selbst an den Stäbchen, so weit diese mit Haut überzogen sind, zahllose kleine Pedizellarien, d. h. gestielte zwei- oder drei-schenkelige Zangen, aus einem zarten Gerüste von kohlensaurem Kalke und einem weichen Überzuge bestehend und an der Gelenkstelle der 2—3 oft gezähnelten Schenkel meist wie mit einer Saugwarze versehen. Man hat sie anfangs für Parasiten und nachher für Embryonen der Echinoideen gehalten. Die Stiele derselben sind einer starken Verkürzung durch Spiral-Drehung der Achse fähig (wie die Vortizellen-Stiele) und die Zangen in beständiger Öffnung und Schließung begriffen; was sie aber erfassen können, das halten sie so fest, daß sie eher mit ihrem Stiele abreißen als es loslassen. Nach Erdl's

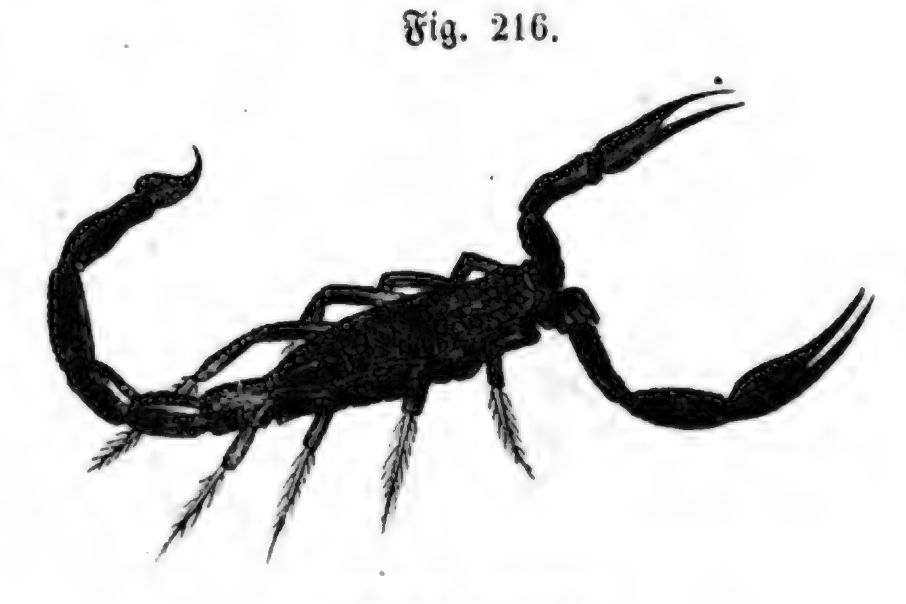
Versicherung überliefern diese Pedizellarien die erfaßte Beute eines dem andern, bis endlich die letzten sie dem Munde zu übergeben vermögen. Bei den Spatangen finden sich (statt ihrer?) auf kahlen, d. i. nicht mit Stacheln besetzten Streifen der Oberfläche, die man Fasciolae genannt hat, flimmernde Borsten ein. — Bei den Holothurien nehmen verschiedene Haken- und Anker-ähnliche Anhänge in ebenfalls großer Anzahl von sonst ähnlicher Bildung die Stelle der Zangen ein und scheinen wie sie zur Mandukation mitzuwirken.

Alle diese Mandukations-Organe lassen sich also, etwa von den Nessel-Organen und Rand-Tentakeln der Medusen abgesehen, auf 2 Typen zurückführen. Den einen bilden die um den Mund herum mehr und mehr, doch nicht in gleichmäßiger Progression, sondern im umgekehrten Verhältnisse zur Lokomotions-Fähigkeit der Thiere, je nach der Art der Nahrung und nach anderen Bedingungen sich entwickelnden Arme mit ihren Anhängen, worunter Ranken, Pedizellen, Saugscheiben und Haken um so mehr sich ausbilden, als die anfangs ganz allein vorhandenen und dann auf diese Arme sich erstreckenden Flimmer-Haare sich endlich verlieren. Zum andern Typus gehören die Pedizellarien, welche in so großer Zahl über den Körper der Echinodermen vertheilt sind und bei den Holothurien in dem Maaße unvollkommener zu werden scheinen, als deren Beweglichkeit zunimmt.

Bei den leicht bewegten Entomozoen werden die Mandukations-Organe selten; es sind nur ein Paar Kiefer-Taster und zuweilen ein oder einige Paar Beine, welche statt derselben verwendet werden, wie Das auch bei den schon erwähnten Cirripeden (S. 255) der Fall war. Die Greif-Beine erscheinen meistens mehr und weniger verlängert, eine zweischenkelige Scheere oder ein gezähntes, gegen das vorletzte Glied zurückschlagbares End-Glied tragend, womit sie ihre Beute erfassen. Scheeren-förmige Kiefer-Taster haben die Skorpione (Fig. 216) und After-Skorpione, Scheerenfüße viele Dekapoden (S. 105, Fig. 62 und hier Fig. 217) und Pöcilopoden (S. 233, Fig. 182), zurückschlagbare Greif-Arme Nepa unter den Wanzen (S. 241, Fig. 197) und Mantis unter den Orthopteren (Fig. 218). Als mittelbare Mandukations-Organe könnten auch die am After gelegenen Spinn-Apparate der Spinnen (S. 239, Fig. 193, und hier Fig. 219) dazu gerechnet werden, womit sie die Gewebe zum Einfangen ihrer Nahrung und zum Umstricken der

gefangenen Beute verfertigen, so wie die Gift-Stacheln und Gift-Blasen, womit dieselben Spinnen, die Skorpionen, die Skolopendern, viele Hymenopteren u. s. w. ihre lebende Beute tödten, ehe sie dieselbe verzehren. Indessen sind dieß Alles verhältnißmäßig seltene und ausnahmsweise Erscheinungen, welche mehr und weniger nur den Mangel anderer Hülfsmittel zu kompensiren bestimmt zu sein pflegen.

Fig. 216.



Scorpio occitanus.

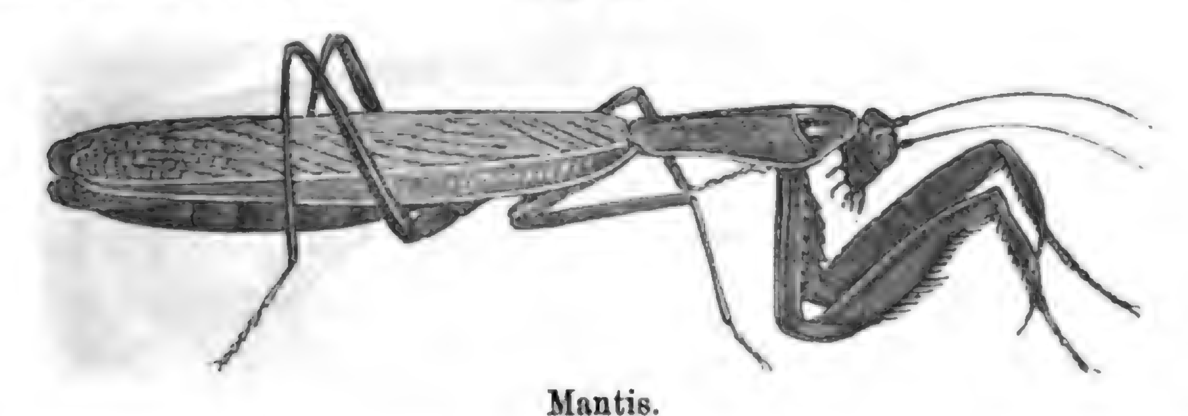
In noch höherem Grade ist Dieß endlich bei den Wirbel-Thieren der Fall. Doch ergibt sich hier eine, wenn auch vielfach unterbrochene Gradation, da im Kulminations-Typus des Thier-Reiches die ausgebildetsten aller Mandukations-Organe vorkommen, welche nicht

Fig. 217.



Telephusa.

Fig. 218.

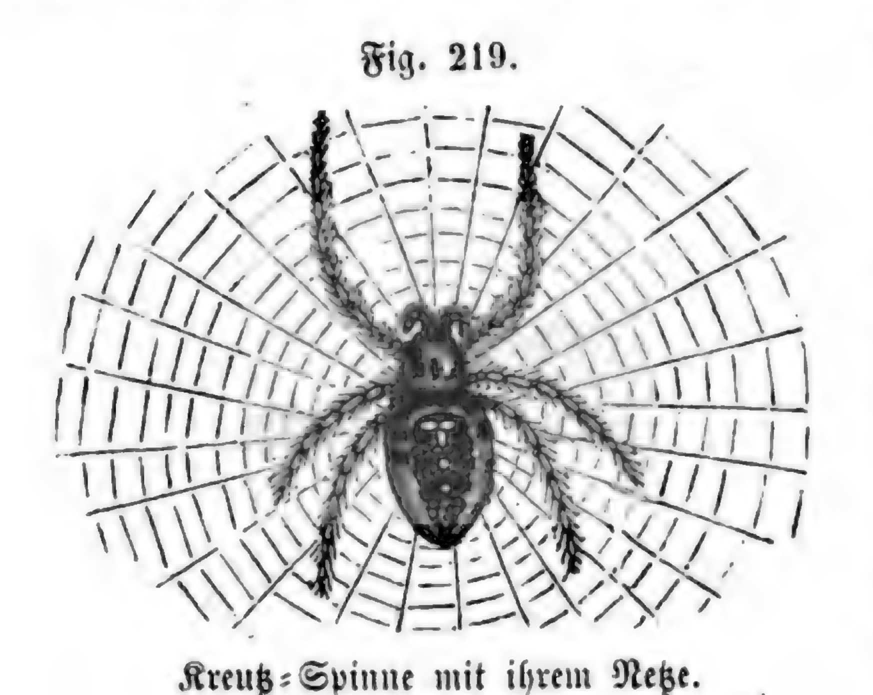


Mantis.

ganz unvorbereitet auftreten können. Die Fische scheinen gar keine solchen Werkzeuge zu haben, wenn man nicht dahin zählen will die bei 2—3 Sippen vorkommenden elektrischen Organe (Torpedo,

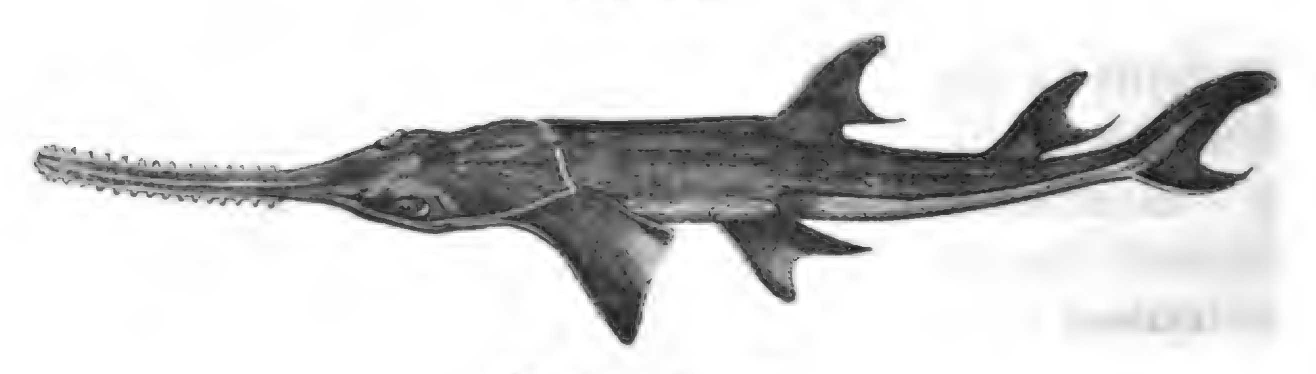
Fig. 284; Gymnotus, Fig. 279), welche als mittelbar zur Manducation mitwirkend oder vorbereitend betrachtet werden könnten; die furchtbare Säge und den Speer, in welche die Vordertheile des Kopfes bei Pristis (Fig. 220) und Xiphias (Fig. 221) umgewandelt und ſelbſt zum Angriff auf Wale geeignet ſind, und endlich das eigen gebildete Maul des Spritzfiſches, Toxotes, welches ihn in Stand ſetzt, mittelſt emporgeſpritzter Waſſer-Tropfen Fliegen herabzuſchießen, die an Pflanzen über dem Waſſerſpiegel ruhen.

Fig. 219.



Kreutz-Spinne mit ihrem Netze.

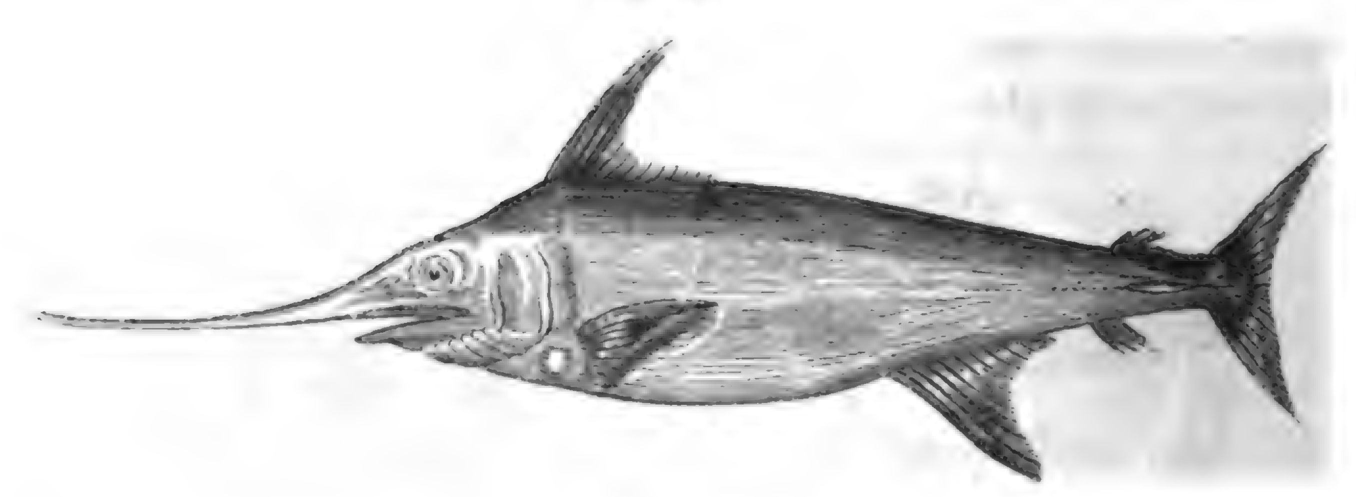
Fig. 220.



Pristis antiquorum.



Fig. 221.

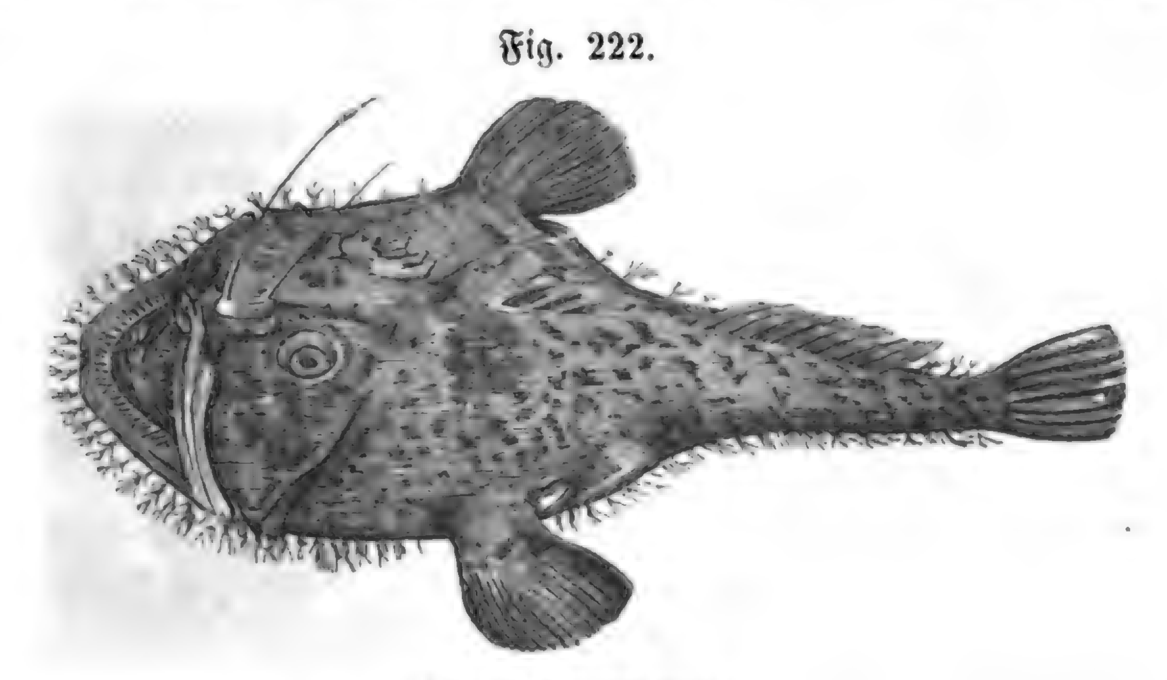


Xiphias gladius.

Auch der Mundfäden und Bärteln könnte man gedenken, welche manche Fiſche im Waſſer ſpielen laſſen, um hierdurch kleinere Thiere anzulocken, welche ihnen dann zur Beute werden (Lophius, Fig. 222).

Bei den Reptilien mag man der weit ausschnellbaren klebrigen Zunge des Chamäleons und etwa des fernhin wirkenden Zauber-Blickes der Klapper-Schlange erwähnen; aber auch die tödtlichen Giftzähne

Fig. 222.

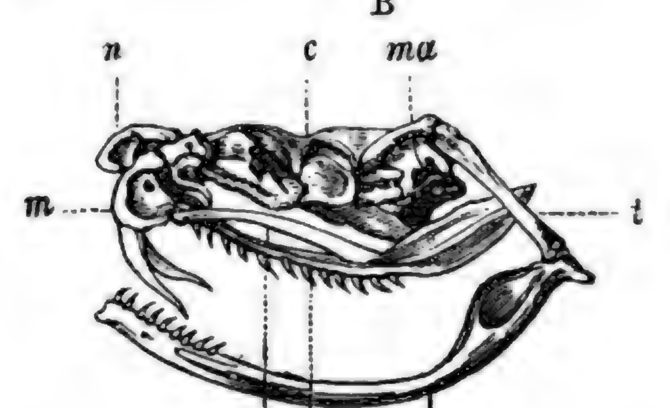


Lophius piscatorius.

vieler Schlangen gehören eher hierher als zu den Kauwerkzeugen (Fig. 223). — Bei den Vögeln, wo ein solches Organ wegen der Aufrichtung des Vorderleibes über den Boden nöthig wäre, kompensirt

Fig. 223.



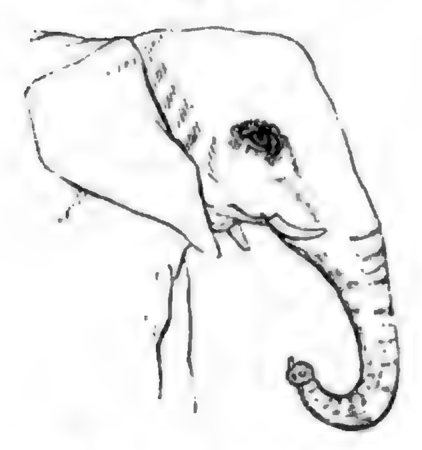


Crotalus durissus A; ein Schädel dieser Sippe B, mit aufgerichteten Gift-Zähnen im Oberkiefer m, und gewöhnl. Zähnen pp.

sich solche zum Theil durch die Verlängerung des Halses, und bei'm Papagei dient allenfalls sogar einer der 2 Füße als Greif-Organ. — Unter den Säugethieren mag zunächst die klebrige Zunge der Ameisenfresser und der komplizirte Rüssel des Elephanten anzuführen sein,

welcher demselben nothwendig ist, da der gewichtige Kopf, die langen Stoßzähne und der kurze Hals dem Thiere nicht gestatten würden, Futter und Wasser mit dem Maule vom Boden aufzunehmen (Fig. 224). Dann sehen wir eine Anzahl Säugethiere sich vorzugsweise

Fig. 224.



Kopf und Rüssel des Elephanten.

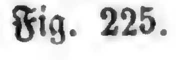


Fig. 225.



Eichhörnchen.

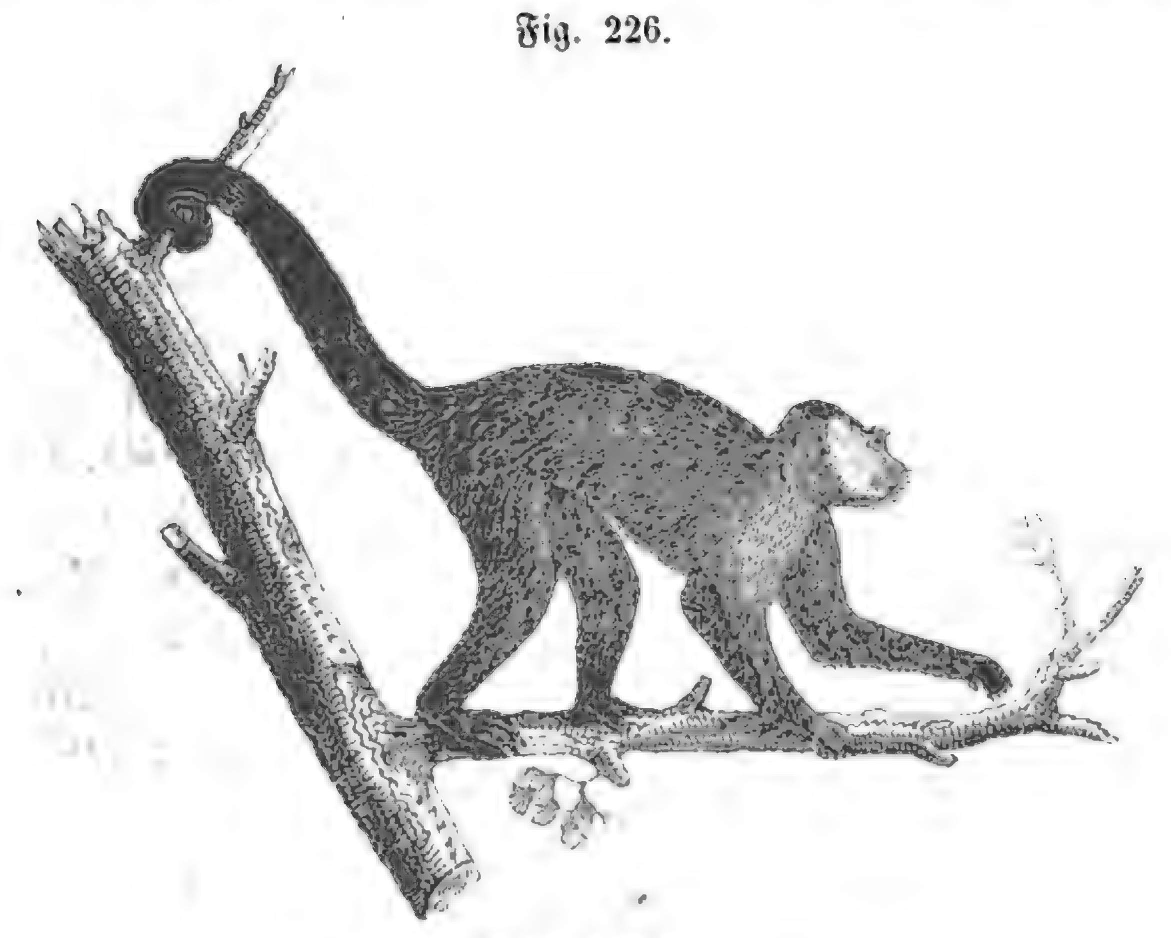
nur auf den Hinterbeinen bewegen und in dem Maaße, als Solches geschieht, sich der Vorderfüße als Mandukations=Organe bedienen: mehre Beutelthiere, Eichhörnchen (Fig. 225) und andere Nager, einige Insektivoren u. s. f. Endlich wird aber auch der Daum an diesen Vorderfüßen den übrigen Fingern entgegensetzbar, es entsteht eine Hand; die vorderen Extremitäten dienen gemeinsam mit den auch hinten gebildeten Händen hauptsächlich zur kletternden Bewegung bei den Affen (Fig. 226), oder sie hören ganz auf zum Ortswechsel mitzuwirken, wenn die Haltung völlig aufrecht wird, wie bei'm Menschen.

Einen bleibenden Mund besitzen, im Gegensatze zu den Pflanzen, alle Thiere, mit Ausnahme eines Theiles der Amorphozoen (S. 52), der ruhenden Larven= und Puppen=Stände mehrer Infusorien (Vorticellen) und Entomozoen, der bewegten Larven=Stände einiger andern (Milben und dergl.), welche in diesem Falle noch von einem in ihren Körper eingeschlossenen Reste des Eidotters zehren, und endlich mancher Binnenwürmer, welche organische Säfte mit ihrer ganzen weichen Oberfläche aufzusaugen Gelegenheit haben.

Die zum Beißen und Schlingen dienenden Mund=Werkzeuge sind nächst den Bewegungs=Organen die am meisten von den äußeren Existenz=Bedingungen abhängigen Organe, und da sich in den ver=

schiedensten Thier-Klassen die verschiedenen Nähr-Stoffe zu wiederholen pflegen, die Freßwerkzeuge aber dem jedesmaligen Typus und Untertypus mehr und weniger angepaßt sind, so zeigt sich in keinem

Fig. 226.



Cebus Apella.

Organen-Systeme, selbst bei den Bewegungs-Organen nicht, eine so große Veränderlichkeit wie in den Mund-Theilen, deren fortschreitende Vervollkommnung daher auch mehr in Großen als im Einzelnen erkennbar ist.

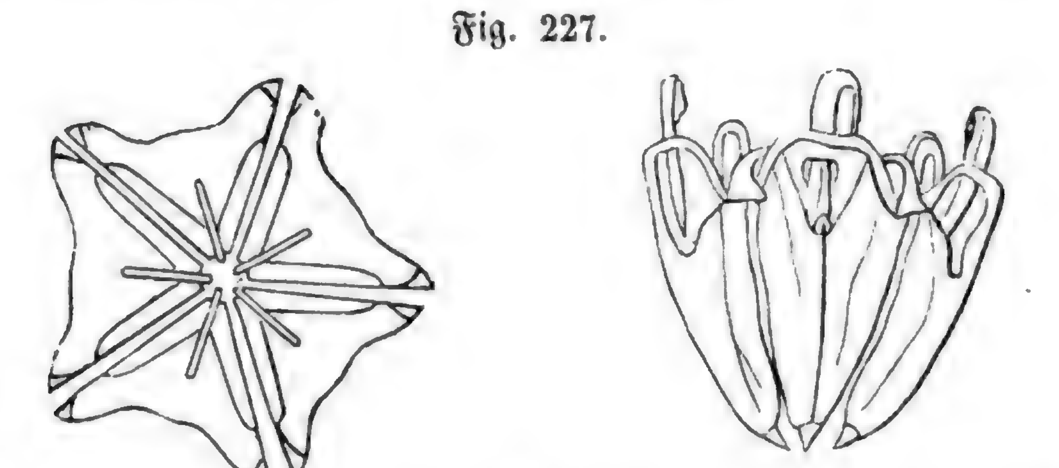
Wir haben schon früher angegeben, daß die Mund-Theile der Amorphozoen unregelmäßig geformt, die der Aktinozoen konzentrisch, der Malakozoen veränderlich, der Entomozoen waagerecht und der Spondylozoen senkrecht wirkend sind; dabei sind die Mund-Werkzeuge der Kerbthiere nur umgestaltete Bewegungs-Organe, welche vom äußeren Skelette abhängen, die der Wirbelthiere von der inneren Wirbelsäule ableitbar. Die 2 unteren Kreise und die Kopf-losen Mollusken entbehren einer Zunge, welche die Kopf-Mollusken, die Kerbthiere (mit Ausnahme der meisten Würmer) und die Wirbel-Thiere besitzen. Die Zunge pflegt als Schling-Organ vorhanden zu sein, sobald sich ein Kopf und daran zwei einander entgegengesetzte Kinnladen, wenn auch erst unvollkommen, zeigen; und wenn gleich ihre Homologie nicht überall dieselbe ist, so erscheint sie doch nebenbei schon bei den Kopf-Mollusken wie bei vielen Fischen mit Zähnen besetzt,

welche ihr bei Vögeln und Säugethieren jederzeit fehlen. Dabei kommen in den verschiedensten Klassen des Systemes a) bloß schlingende Thiere mit unvollständigen Mund-Theilen, b) käuende, beißende, feste Nahrung verarbeitende, und c) saugende, von Säften anderer Organismen lebende Gruppen vor. Agassiz hat wenigstens die käuenden Insekten für unvollkommner als die saugenden erklärt, weil diese erst durch Metamorphose aus jenen hervorgehen; indessen läßt sich dagegen einwenden, daß die saugenden Würmer, und selbst zum Theil Insekten, an sich sehr unvollkommene Parasiten sind, und daß es in den obersten Thier-Klassen fast keine Sauger mehr gibt. Unter den Käuern haben die karnivoren ein mehr schneidendes, die herbivoren ein mehr stumpfes höckeriges triturirendes Gebiß.

Es ist schon (S. 260) angeführt worden, daß manche Thiere der untersten und unteren Klassen gar keinen Mund haben. Bei den Infusorien erscheint er oft als eine subterminale etwas schiefe und seitliche Öffnung (S. 55, 56), und auch bei höheren Klassen, wo er terminal wird, bleibt er ohne Kiefer und Zähne, so lange derselbe auch zugleich als After-Öffnung dienen muß.

Im Kreise der Strahlenthiere ist die Thätigkeit der Mund-Ränder konzentrisch. Der Mund ist meistens weich und oft Rüssel-artig bei Polypen, Medusen und Krinoiden, selbst wenn der Körper bepanzert ist; bald ist seine äußere Einfassung mit härteren Stacheln besetzt, fünfzackig von Form, beweglich und im Inneren oft mit fünf gegeneinander wirkenden Kinnladen versehen (Fig. 227), (wenn man diesen

Fig. 227.



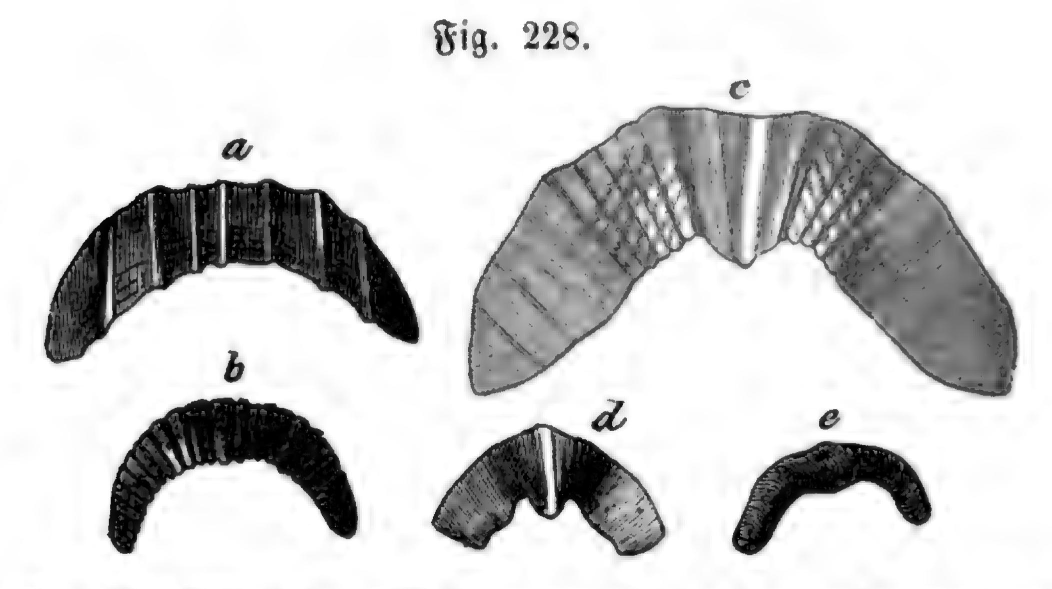
Der fünfkieferige Kau-Apparat des Seeigels von unten und der Seite.

Ausdruck bei Thieren ohne Kopf für solche schon im Pharynx gelegene Theile gebrauchen dürfte), die selbst wieder aus mehren Stücken zusammengesetzt, an ihrer Seite mit einem Zahn-förmigen Theile versehen sind und die sogenannte Laterne des Diogenes bilden,

welche bei vielen Echinoideen vorkommt. Man nimmt an, daß eben die stark-kieferigen Echiniden Herbivoren seien; allein viele derselben halten sich beharrlich in Klüften und Höhlen von Felsen und Korallen-Riffen auf, wo sie der Pflanzen-Nahrung meistens wohl gänzlich entbehren müßten.

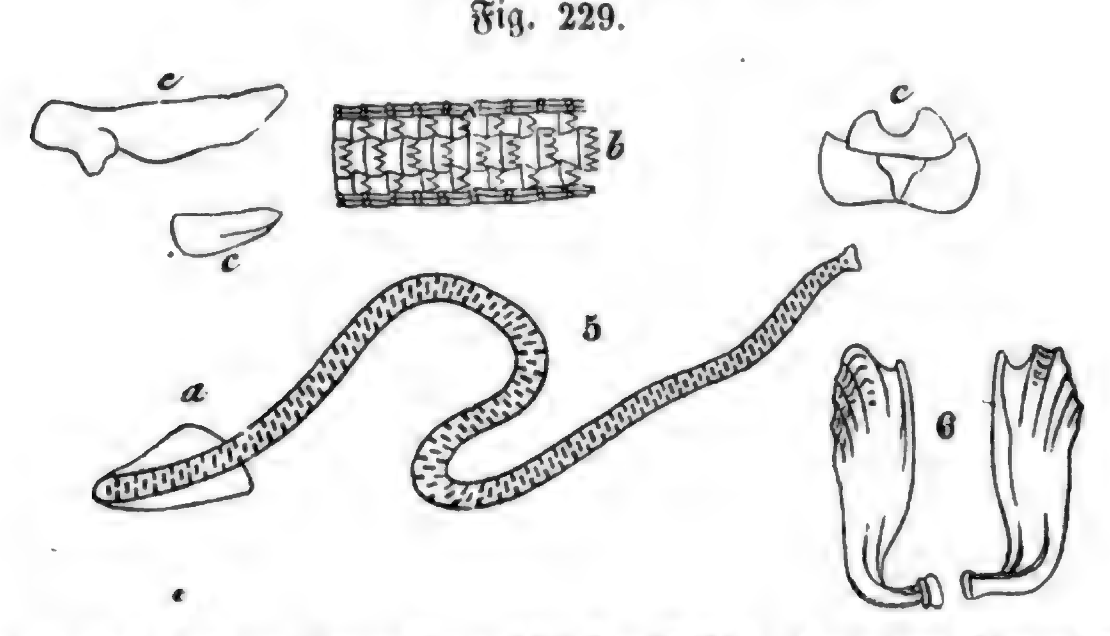
Der nächste Kreis, der der Weichthiere, besitzt bei Bryozoen, Tunikaten, Brachiopoden und Lamellibranchiern weder Kopf, noch Zunge, noch Kinnladen; ihr Mund, bei letzt-genannten von den Lippen-Tentakeln unterstützt, dient bloß zum Einziehen des Wassers mit seinem Gehalte an Diatomaceen und anderen kleinen organischen

Fig. 228.



Landschnecken-Oberkiefer von: a Helix pomatia; b Arion; c Succinea amphibia; d Limax cinereus; e Clausilia perversa.

Fig. 229.

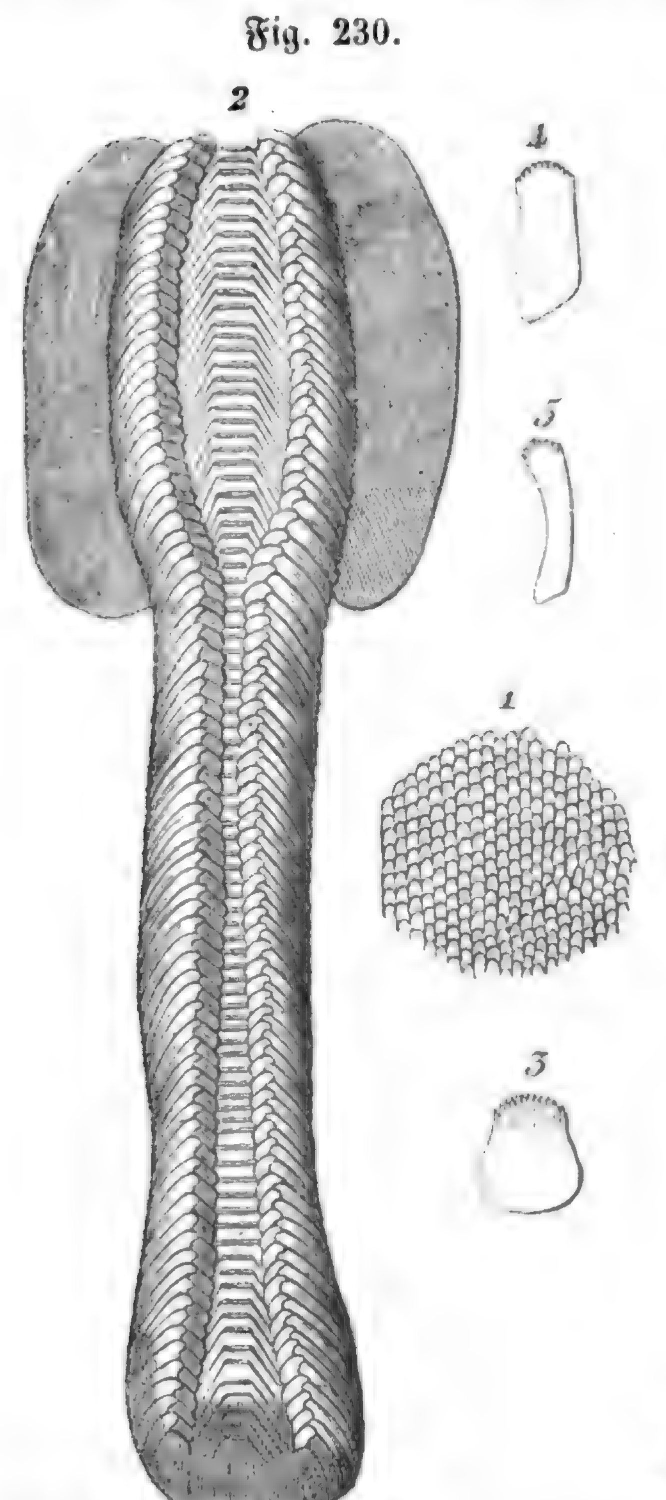


Patella vulgata: 5 a die Zunge in natürlicher Größe; b ein vergrößerter Theil; ccc knorpelige Kinnladen; — 6 Tritonia: seitliche Kinnladen.

Wesen, doch auch mitunter von größeren weichen Körpern. Erst bei den Kopf-Mollusken entstehen mit einander jene dreierlei Organe. Aber auch die Pteropoden, welche wir als die unterste Stufe derselben

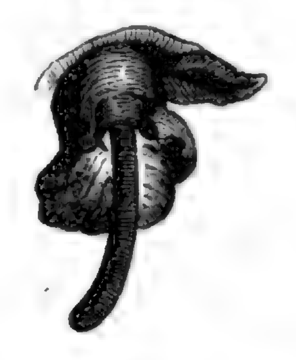
betrachten, sind nur erst zum Theile damit versehen; die übrigen schließen sich den Gastropoden an. Diese besitzen fast sämmtlich eine Band-förmige weit ausstreckbare und zurückschlagbare Zunge mit Zähnen besetzt, und ihr gegenüber am Mund-Rande oft einen einfachen oder paarigen hornigen Beleg, gegen welchen die Zunge triturirend wirken kann (Fig. 228, 229). Der Zähne auf jener Zunge

Fig. 230.



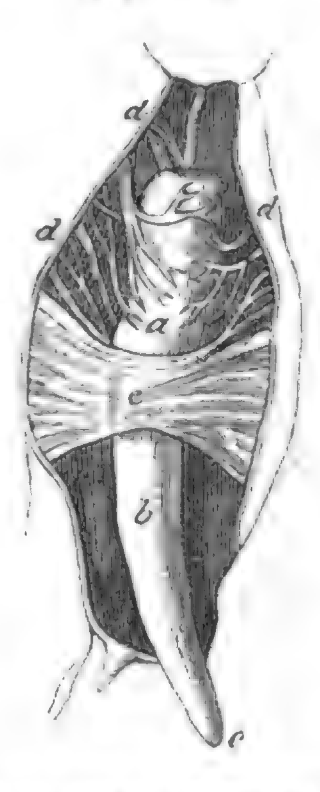
Valvata obtusa: 1) Zahn-Gruppe. — Paludina vivipara: 2) Zunge mit 7 Zahn-Reihen; 3—5) einzelne Mittel- und Seiten-Zähne.

Fig. 231.



Rüssel eines Gastropoden in natürlicher Größe.

Fig. 232.



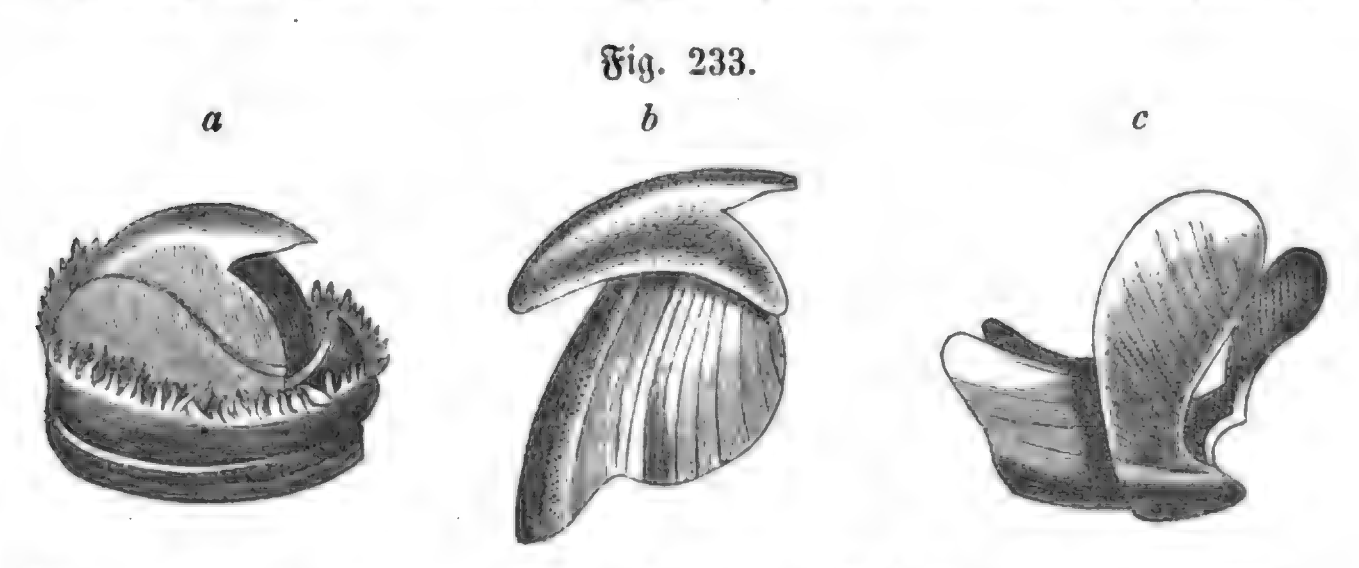
Buccinum undatum: der vergrößerte Kopf mit dem halb zurückgezogenen Rüssel aufgeschnitten; a der vordere, b der innere Theil des Rüssels, c sein Ende, dd die Einziehmuskeln; e der Ringmuskel, welcher ihn hervortreibt und ausstülpt.

sind 1, 2, 3, 7, 20, 40, 100 bis 200 und mehr in einer Querreihe, und solcher Querreihen können je nach der Länge der Zunge und der Kleinheit der Zähne 1 bis 250 hintereinander folgen, so

daß sich die Gesammtzahl dieser Zähnchen von wenigen an bis auf viele Tausende belaufen kann (Fig. 230). Wo aber für dieses Triturations-Geschäft nur schlecht vorgesorgt ist, da pflegt bei solchen Gastropoden, welche Tange oder gar andere Mollusken mit ganzer Schaale verschlingen, ein erster Magen mit knorpeligen und knochigen Höckern und Zacken vorhanden zu sein, welcher das Geschäft des mechanischen Verkleinerns und Zerquetschens vollendet.

Dagegen ist bei vielen Fleisch-fressenden Gastropoden, insbesondre bei fast allen Lamarck'schen Zoophagen, der Mund in einen weit vorragenden Rüssel von komplizirter Bildung ausgedehnt, der sich nach Art eines eingestülpten Handschuh-Fingers nach unten entwickeln kann, wodurch sich dann erst die eingeschlossene Zunge ans Ende des Rüssels versetzt. Dieser Apparat ist dazu bestimmt, die Kalk-Schaalen anderer Mollusken, welche diesen ersten zur Nahrung dienen sollen, mittelst der feilenartig wirkenden Zunge zu durchbohren, um den Rüssel, der sie trägt, in das Innere dieser Schaale einführen und deren Inhaber verzehren zu können (Fig. 231, 232). — Erst bei den Cephalopoden indessen, die ebenfalls eine Zunge mit 7 Zahn-Reihen besitzen, wird das Kiefer-Gebiß der Mollusken (Fig. 233) mit zwei einander entgegensetzbaren Kinnladen von horniger

Fig. 233.



Sepien-Schnäbel: a der ganze Schnabel in den Kopf eingezogen; b der Ober-, c der Unter-Schnabel mit ihren den Mund-Rand außen und innen überziehenden Fortsätzen.

oder kalkiger Beschaffenheit vollständig; sie überziehen den oberen und unteren Rand der Mund-Öffnung, besitzen die scharfe Haken-Form eines Habicht-Schnabels und sind nicht weniger als dieser geeignet mit ihren spitzen Enden in den Körper der von ihren Armen festgehaltenen Beute einzudringen und ihn wie mit einer scharfen Zange zu zerfleischen. So zeigen die Weichthiere eine dreifache Ab-

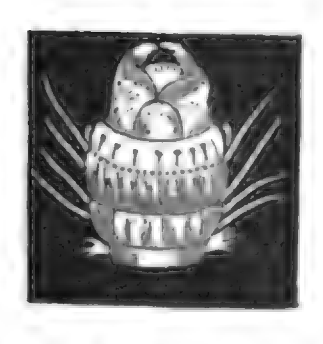
stufung in der Differenzirung ihrer Mund-Bildung: derselbe ist ein unbewehrtes einfaches Schling-, oder ein mit einer gezähnten Zunge versehenes Triturir-, oder endlich ein mit Zunge und den vertikal sich entgegengesetzten spitzen Kinnladen bewehrtes Raub-Organ; jede von diesen drei Abstufungen zeigt dann wieder mehre Unterabstufungen. Aber selbst die vertikal wirkenden sogenannten Kinnladen stehen bei aller Ähnlichkeit mit einem Vogel-Schnabel in ihrer Vollkommenheit weit unter ihm wie unter den waagerechten Kinnladen der Kerbthiere, da sie sich um keinen Stützpunkt drehen, durch kein Gelenke weder mit dem Körper noch unter sich verbunden sind.

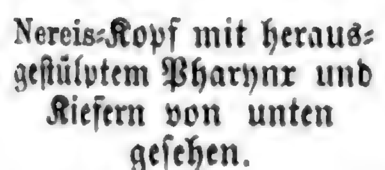
Die Entomozoen sind derjenige Kreis des Thier-Reichs, wo sich zuerst die waagerecht-paarigen Kinnladen, und zwar nur durch Umgestaltung der Füße ausbilden, nach deren Weise sie sich auch um Gelenkköpfe bewegen; doch geschieht Dieß nur allmählich, wie auch die Füße sich nur allmählich entwickeln und, wie Das bei allen Entwickelungen gewöhnlich ist, in auf- und ab-wogender Weise. Diese Kinnladen, wie sie bei Mollusken und Wirbelthieren vorkommen, tragen wohl 1, 2—3 Kerben oder Höckerchen am innern Rande, aber keine eigentlichen Zähne, obwohl man jene so nennt. — Da begegnen wir denn auf der ersten Stufe der Würmer zuerst den Fuß- und fast noch Kopf-losen, meist parasitischen Glatt- und Binnen-Würmern, die entweder gar keinen Mund haben, oder nur einfach schlingen, oder endlich saugen und zu dem Ende (abgesehen von den etwa bloß zu ihrer Anheftung dienenden Saugscheiben und Klammer-Organen) mit einem besonderen Saug-Munde versehen sind, der seine vollkommenste Entwickelung in den Hirudiniden (S. 231, Fig. 177) findet, wo nicht nur eine Saug-Scheibe von pneumatischer Einrichtung, sondern auch ein Apparat vorhanden ist, um eine Wunde zu machen, durch welche das aufzusaugende Blut aus dem fremden Thier-Körper rascher ausfließen kann. Dieser Apparat besteht in drei unter sich gleichen harten und noch wie bei den Aktinozoen (S. 262) konzentrisch gegeneinander wirkenden Platten oder Kinnladen, die auf ihrer den andern zugekehrten scharfen Kante mit je einer Reihe feiner reitender Zähnchen besetzt sind, die alle einzeln mit feinen Muskel-Fasern in Verbindung stehen. So machen die Hirudiniden das letzte Glied in der Reihe der saugenden Eingeweide-Würmer und das erste in der der Ringel-Würmer aus, deren deutliche Ringelung, Nerven-, Darm- und Gefäß-System sie bereits besitzen (S. 231—232). — Die anderen Ringel-Würmer

haben theils ebenfalls nur einen langen Rüssel- oder kurzen Schling-Mund ohne harte Theile (wie die Lumbricinen, Naidinen und manche sitzende und kriechende Meeres-Würmer), da sie meistens nur Schlamm, welcher organische Theile enthält, durch ihren Magen gleiten lassen, doch auch Pflanzen-Theile u. s. w. einzuziehen verstehen; — oder ihr Mund ist mit mehren harten Theilen besetzt, welche 2—4- und mehr-zählig, zackig, beweglich, einander schief und entweder alternirend oder paarig entgegengesetzt (Fig. 234), aber nicht aneinander gelenkt sind, noch auf fester Unterlage ruhen, so daß man sie als Mitteldinge zwischen Kinnladen und Zähnen „Kiefer-Zähne" genannt hat.

Von hier ab kommt ein bloßer Schling-Mund bei den Kerbthieren nicht mehr vor, sondern nur noch solcher mit Saug- oder Kau-Apparat. — Unter den Krustern treffen wir zuerst auf die Rotatorien, deren Verdauungs-Höhle am Eingange von Wimper-Säumen und -Lappen umgeben (S. 208, Fig. 138), dahinter mit einem Schlund-Kopfe versehen ist, woran oft zwei feste und meist mit Kerben besetzte Theile wie Kinnladen sich entgegengesetzt das Kau-Geschäft verrichten (Fig. 235). Auch die Rankenfüßer oder Cirripeden

Fig. 234.





Nereis-Kopf mit heraus-gestülptem Pharynx und Kiefern von unten gesehen.

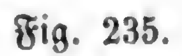
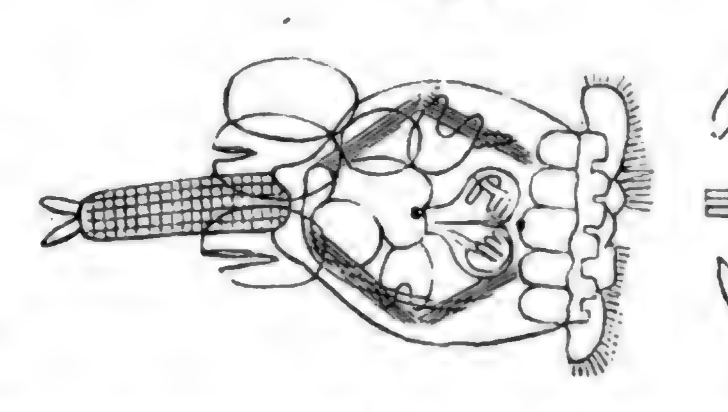


Fig. 235.

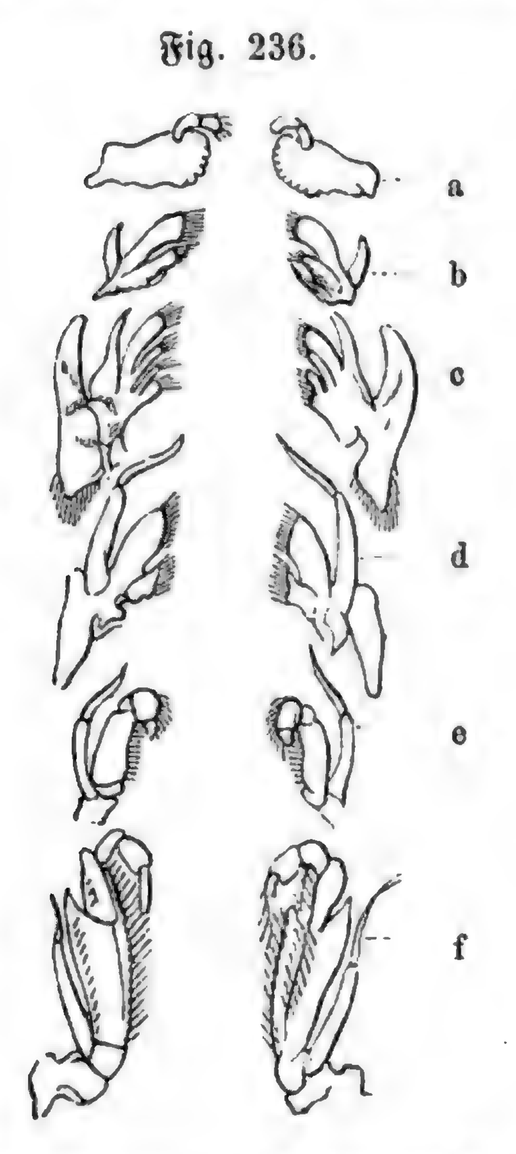


Brachionus und sein noch mehr vergrößerter Kauapparat.

haben ein hartes Gebiß, woran aber schon die seitliche Stellung und senkrechte Bewegung der Kiefer mehr hervortritt. Bei den übrigen Kau-Krustern (Fig. 236) ist gewöhnlich zwischen einer Oberlippe und einer Unterlippe ein waagerechtes Kiefer-Paar vorhanden, hinter welchem (und hinter der Unterlippe) oft noch 1, 2, 3—5 sogenannte Unterkiefer-Paare folgen, die indessen nichts anderes als zu Hülfswerkzeugen umgewandelte Füße, also „entliehene Organe" sind, welche in dem Grade, als sie bei entwickelteren Kruster-

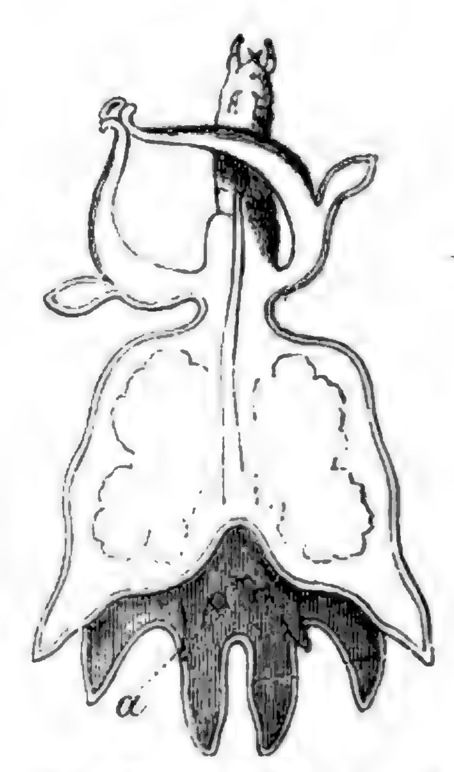
Ordnungen zahlreicher werden, die Anzahl dienstfähiger Geh-Füße vermindern und, in dem Grade als die vordersten den wirklichen Kinnladen näher rücken, auch mehr und mehr deren Form annehmen, wie namentlich am Fluß-Krebse (S. 105, Fig. 62; Fig. 236) zu erkennen ist. An Unterkiefern und Unterlippe sitzt gewöhnlich auch ein Paar gegliederter Freßspitzen, Taster oder Palpen. Dieser großen Anzahl von Hülfswerkzeugen ungeachtet haben viele Krebse noch einen innen mit harten Höckern besetzten Kau-Magen vor dem eigentlichen Magen. Eine eigenthümliche Modifikation erfährt nun der Kau-Apparat von Limulus, wo wegen Verkümmerung der eigentlichen Mund-Werkzeuge die dornigen Hüft-Glieder von 5 den Mund umstehenden Fuß-Paaren ebenfalls als entliehene Organe die Mastikations-Arbeit übernehmen müssen (S. 233, Fig. 182). Endlich sind die parasitischen Siphonostomen anzuführen, eine der unterstem Abtheilungen der Kruster-Klasse, welche mit ihren zu Scheiben, Haken und dergl. umgestalteten Fuß-Organen sich an den Kiemen

Fig. 236.



Astacus fluviatilis: a Oberkiefer-Paar, b Unterkiefer-Paar, c zweites Unterkiefer-Paar, d—f drei Paare Hülfskiefer oder Kiefer-Füße.

Fig. 237.



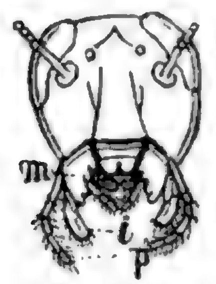
Tracheliastes-Weibchen: bei a zwei Zwerg-artige Männchen.

der Fische anklammern und dann mit einem Saugmunde und Rudimenten von Kiefern und Kieferfüßen, die vielleicht oft nur zum Anstechen der Kiemen-Gefäße brauchbar sind, sich von aufge-

sogenem Blute nähren (Fig. 237). Seiner Entwickelungs-Stufe nach würde sich dieser Mund-Apparat wohl zwischen den der Rotatorien und Cirripeden stellen; um ihn im Einzelnen richtig zu deuten, muß man ihn aber durchaus mit dem ausgebildeteren der höheren Kruster vergleichen.

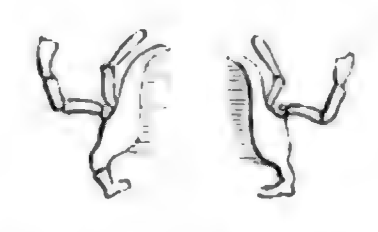
Die Arachnoideen, welche nicht eigentlich käuen, sondern ihre aus Insekten bestehende Beute nur durchkneten, um deren Flüssigkeit auszudrücken und einzuschlürfen, oder welche wie viele parasitische sogenannte Tracheen-Spinnen überhaupt nur Nahrung saugen, besitzen keine eigentliche Oberkiefer; denn was man so nennt, das sind die in kurze zwei- oder ein-schenkelige Scheeren umgewandelten Fühler (Fühlerkiefer), welche also im ersten Falle den Scheerenfüßen der Krebse (S. 257, Fig. 217), im andern den zurückschlagbaren Armen der Nepa (S. 241, Fig. 197) und Mantis (S. 257, Fig. 218) ähnlich, aber mehr verkürzt sind (S. 239, Fig. 193 m). Unter ihnen steht ein Paar Palpen-tragender Unterkiefer (ohne Unterlippe), auf welches sogleich 4 Fuß-Paare folgen, die mit jenem zusammen einer fünf-ringeligen Brust entsprechen würden. Bei den saugenden Tracheen-Spinnen sind diese Mund-Theile mehr gestreckt, spitz, Dolch-förmig u. s. w. Bei den Myriopoden und Herapoden (S. 202, Fig. 127 a; dann Fig. 238, 239) sind zwei Fühler vor-

Fig. 238.



Mund-Theile eines Käfers: m Oberkiefer, zwischen denen die obere und untere Lippe sichtbar ist; i p Unterkiefer und deren Palpen.

Fig. 239.



Unterkiefer eines Raub-Käfers mit je 2 Palpen.

handen, worauf eine Oberlippe, ein Paar 1—2 kerbiger Oberkiefer, unter diesen letzten ein Paar Tasten-tragender Unterkiefer und eine mit eben dergleichen versehene zweitheilige Unterlippe folgen, die mit voriger und den drei Fuß-Paaren zusammen ebenfalls einen fünfgliederigen Thorax andeuten würden. Bei jenen Myriopoden aber, wo Unterkiefer fehlen, betrachtet Burmeister die vierlappige Unterlippe als aus zwei Paar Hülfs-Organen verwachsen, die den Unterkiefern und der Unterlippe der Herapoden entsprechen würden,

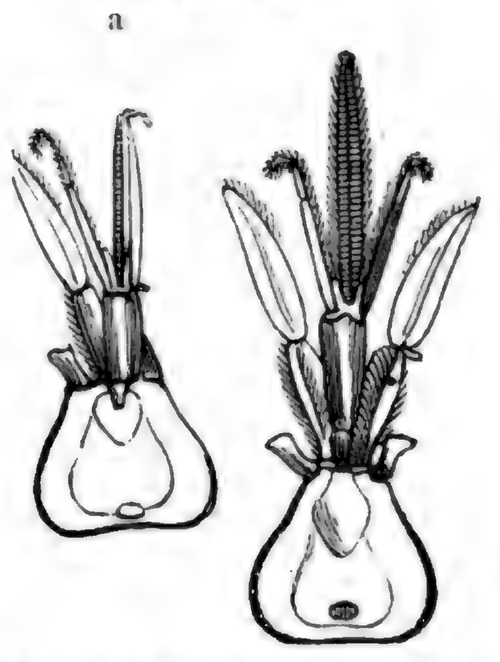
und auf diese Weise mit den drei im Ei-Zustande allein vorhandenen oder auch in späterer Zeit allein vor den Genitalien liegenden Fuß-Paaren ebenfalls fünf Brust-Glieder zu begründen scheinen. Auf diese Weise ist bei den drei, und insbesondre bei den zwei letzten Klassen von Entomozoen der allmähliche Formen-Übergang der Fuß- in Kau-Werkzeuge abgeschnitten und die Differenzirung zwischen beiden tritt, auch davon abgesehen, bestimmter hervor. Indessen kommen bei den Hexapoden noch mancherlei Modifikationen vor, indem z. B. bei den Phryganiden Kinnladen und Lippe mit einander verwachsen, bei den keiner Nahrung mehr bedürftigen Eintags-Fliegen (Ephemeriden) die Mund-Theile fast ganz verkümmern, bei der großen Familie der Rüssel-Käfer sich der Kopf vorn in einen ungetheilten Rüssel verlängert, an dessen äußerstem Ende von Mund-Theilen fast nur noch die beweglichen Kinnbacken zu erkennen sind, die gleichwohl noch hartes Holz zu durchbeißen vermögen (Fig. 240); bei vielen Honig-bereitenden Hymenopteren verlängert sich die Unterlippe außerordentlich zur sogenannten Zunge und ist als solche schon in der Puppe zu erkennen (Fig. 241, 242). Bei sämmtlichen

Fig. 240.



Rhynchites bacchus.

Fig. 241.



Mund-Theile der Honig-Biene, Apis: vom Bauche aus gesehen. In der Mitte die Unterlippe mit ihren Theilen, zu den Seiten zunächst die Unterkiefer, sodann die Oberkiefer. Fig. a zeigt die Mund-Theile der linken Seite zusammengelegt.

Fig. 242.

Honig-Biene: Puppe mit langer Zunge.

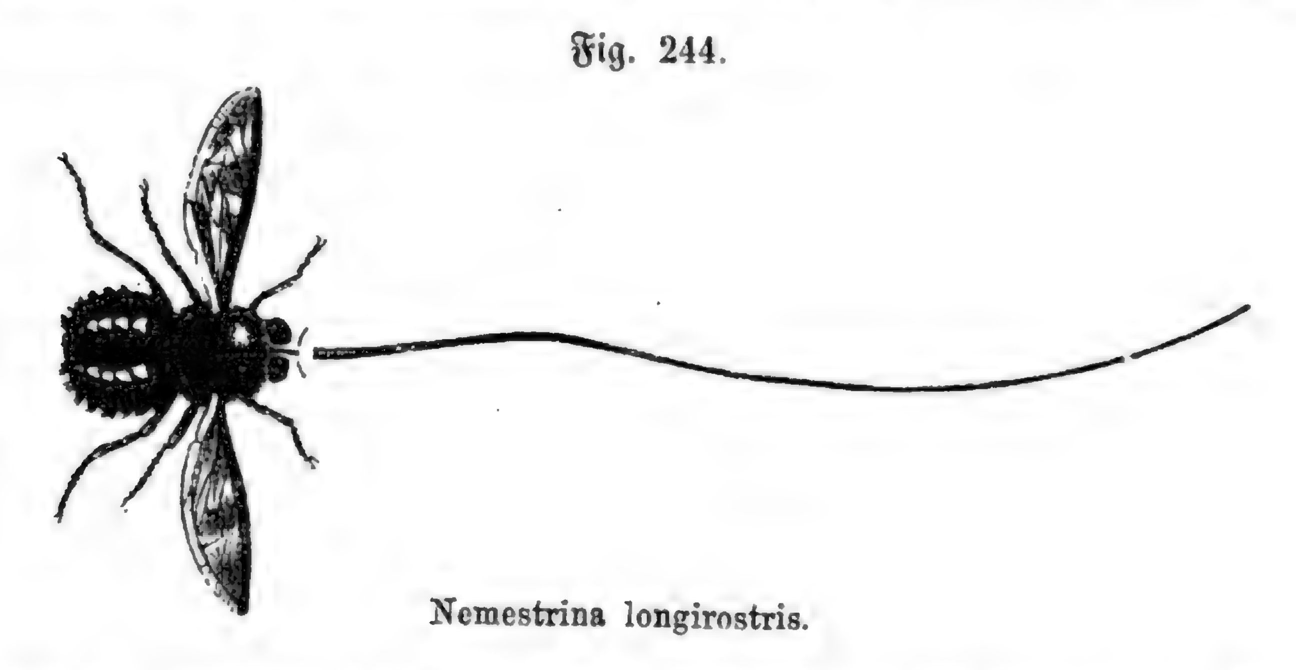
in reifem Zustande nur von Säften der Pflanzen und Thiere lebenden Schmetterlingen, Zweiflüglern und Wanzen endlich gestalten sich die normalen Mund-Theile der Hexapoden (1 Oberlippe, 2 Oberkiefer, 2 Taster-tragende Unterkiefer und 1 Taster-tragende Unterlippe)

in Saug=Organe um; bei den zwei erstgenannten Klassen während ihres Überganges vom Raupen= in den Nymphen=Zustand, bei der zuletzt genannten schon vom Eie an. Bei den Schmetterlingen (Fig. 243) geschieht Dieß dadurch, daß die Oberlippe und Oberkiefer fast ganz verkümmern, die Unterkiefer sich in zwei lange spirale, zu einer geschlossenen Röhre (Spiral=Rüssel) sich zusammenlegende Halbzylinder verlängern, an deren Grunde noch Rudimente der gleichfalls verkümmerten Kiefer=Palpen zu erkennen sind; die festgewachsene Unterlippe umschließt die Mund=Höhle und trägt noch ihre 2 etwas besser entwickelten Palpen. In der Klasse der Dipteren gestaltet sich der in der Mitte Knie=förmig gebrochene und am Ende gewöhnlich verdickte Schöpfrüssel, Proboscis, dadurch, daß die Unterlippe, ihre Taster behaltend, sich in die fleischigen äußeren Hauptttheile eben dieses Schöpfrüssels verlängert und die darauf liegenden übrigen Mund=Theile Scheide=artig von unten und beiden Seiten her umschließt. Diese bestehen in der verlängerten Horn=artigen und unten rinnenförmigen Oberlippe, in 1—2 Paaren und in 1 unpaarigen Pfriemen=artigen Stech=Borsten, welche aus den Ober=, den Unter=Kiefern und der Zunge entstehen, wenn nicht die untersten von ihnen

Fig. 243.

Kopf eines Tag=Schmetterlings: a Fühler, c Auge, d Rüssel, e Lippen=Taster.

Fig. 244.

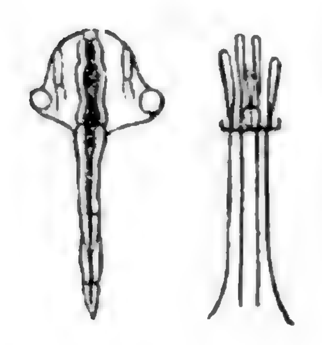


Nemestrina longirostris.

ganz verkümmern; die Kiefer=Taster sind gänzlich verschwunden. Nur ausnahmsweise ist ihr Rüssel so fein und lang ausstreckbar, wie bei Nemestrina (Fig. 244). Bei den Hemipteren oder Rhyngoten endlich,

welche einen steifen, am Grunde gelenkartig zurückschlagbaren und am Ende spitzen Saugrüssel schon als Larven besitzen, besteht dieser (vergl. Nepa S. 241, Fig. 197 und Fig. 245) ebenfalls aus der verlängerten Unterlippe, welche die Borsten-förmigen eine Saugröhre bildenden Unterkiefer und die ebenfalls Borsten-artigen, diese letzten Scheide-förmig einschließenden Oberkiefer umgibt; die spitze Oberlippe bedeckt den Grund des Ganzen. Bei allen Saug-Insekten sind also die embryonischen Apparate der Kau-Insekten gänzlich verschwunden, über welche sie Agassiz im Systeme erhebt. Jedenfalls ist aber freilich bei ihnen auch die Differenzirung der Freß-Werkzeuge größer, obwohl das Saugen der parasitischen Ernährungs-Weise näher steht.

Fig. 245.

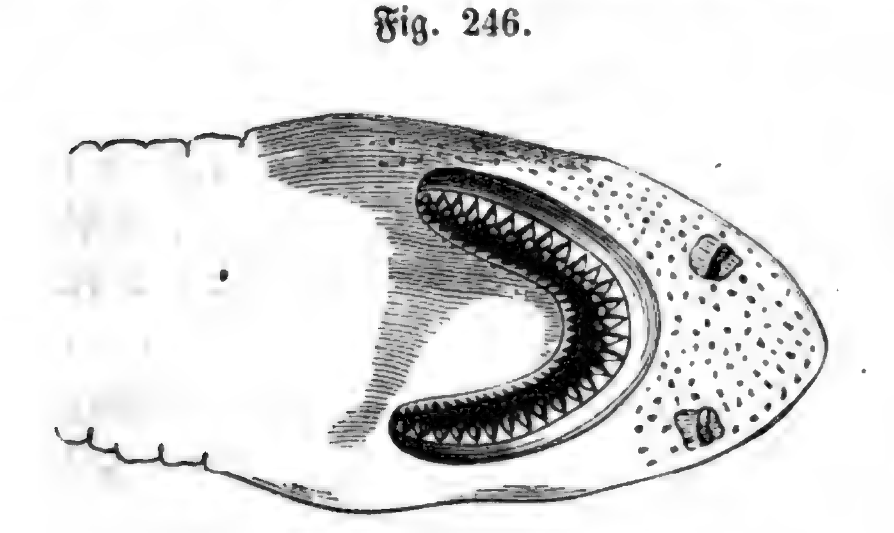


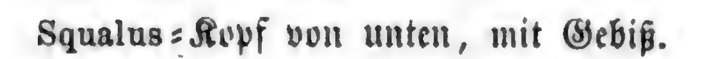
Sing-Cicade: Rüssel-Scheide und Borsten-artige Kiefer daraus.

Die Wirbelthiere besitzen einen vertikal beweglichen Unterkiefer, der mit dem Oberkiefer durch ein Gelenke verbunden ist und mittelst desselben ihm entgegen-arbeitet. Will man daher die wesentlichen Mund-Theile dieser Thiere als ursprünglich entlehnte betrachten, so müßte man sie von dem Wirbel-Systeme ableiten; jedenfalls sind sie aber weit differenter von den Beinen der Wirbel-Thiere als die Kiefer der Kerb-Thiere von den Beinen dieser letzten. Zu den Mund-Theilen kommt aber bei allen Wirbel-Thieren auch noch eine Zunge, welche je nach ihrer Selbstständigkeit und Entwickelungs-Stufe freilich in sehr verschiedenen Graden zum Schlingen mitwirken kann. Endlich gehören die Zähne dahin, welche sich in beiden Kinnladen, aber oft auch auf anderen an der Zusammensetzung der Mund-Höhle theilnehmenden Knochen so wie auf der Zunge selbst entwickeln können. — Bei den Fischen und Reptilien bestehen Ober- und Unter-Kiefer so wie alle Schädel-Knochen aus einer größeren Anzahl einzelner Beine, die, sich von eben so vielen einzelnen Verknöcherungs-Punkten aus bildend, bei den Vögeln und Säugethieren während des Fötal-Zustandes unterscheidbar sind und später spurlos mit einander verwachsen, hier aber so wie die Hauptknochen zeitlebens und zwar nur durch Schuppen- statt Zacken-Nähte getrennt erscheinen. Bei den Knorpel-Fischen ist der Mund noch unvollkommen. Die Leptocardier und Cyklostomen haben noch gar keine Kinnladen, und bei den Plagiostomen fehlen am Oberkiefer wenigstens

die vorderen der sonst sich an seiner Zusammensetzung betheiligenden Beine (Kiefer und Zwischenkiefer) und bleiben auch bei den Knochen-Fischen noch zum Theile verkümmert; ferner fehlen die Zähne gänzlich in der Familie der Cyprinoiden; bei den übrigen (S. 235, Fig. 187) stehen sie außer in den Kiefer-Beinen oft auch auf den Gaumen-, Pflugschaar- und Schlund-Knochen, Kiemen-Bögen und selbst auf der Zunge: der ganze Mund ist Kau-Werkzeug. Die Zähne sind oft vielreihig, meist sehr fein, bei den Plagiostomen (vergl. S. 234, Fig. 186, dann Fig. 246) aber groß; bei solchen Fischen, die von Schaalen-Mollusken und anderen hartschaaligen Thieren leben, groß, breit, flach, zum Zerquetschen geeignet (Fig. 247); sie sind von den Knochen noch nicht selbstständig getrennt, sondern Fortsätze und Auswüchse derselben mit Schmelz-Überzug; nur bei den Knorpel-Fischen, wo

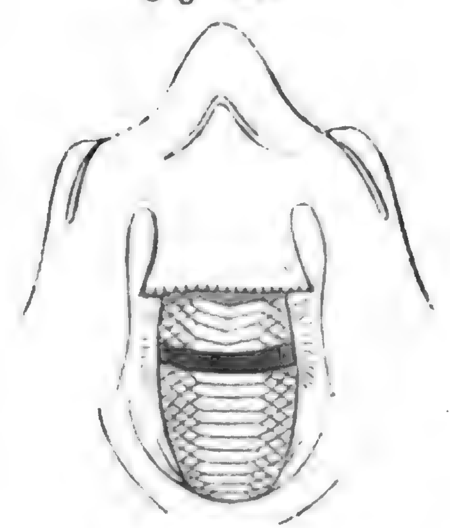
Fig. 246.





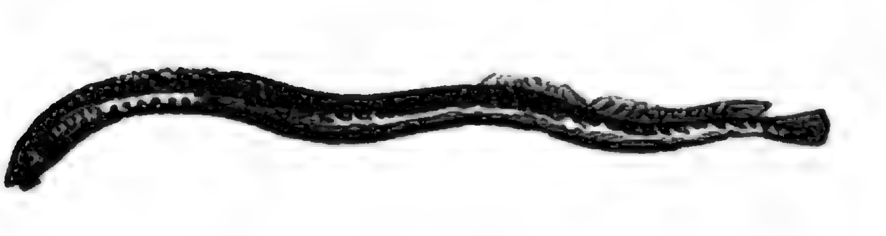
Squalus-Kopf von unten, mit Gebiß.

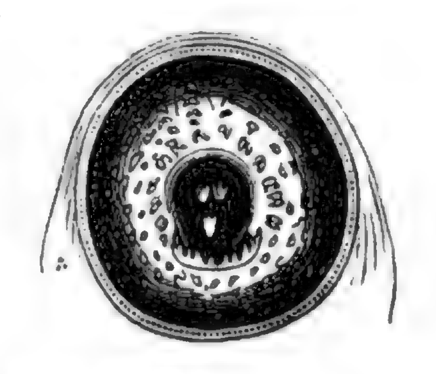
Fig. 247.



Mund eines Rochen, geöffnet, von vorn, mit getäfelten Zähnen.

Fig. 248.



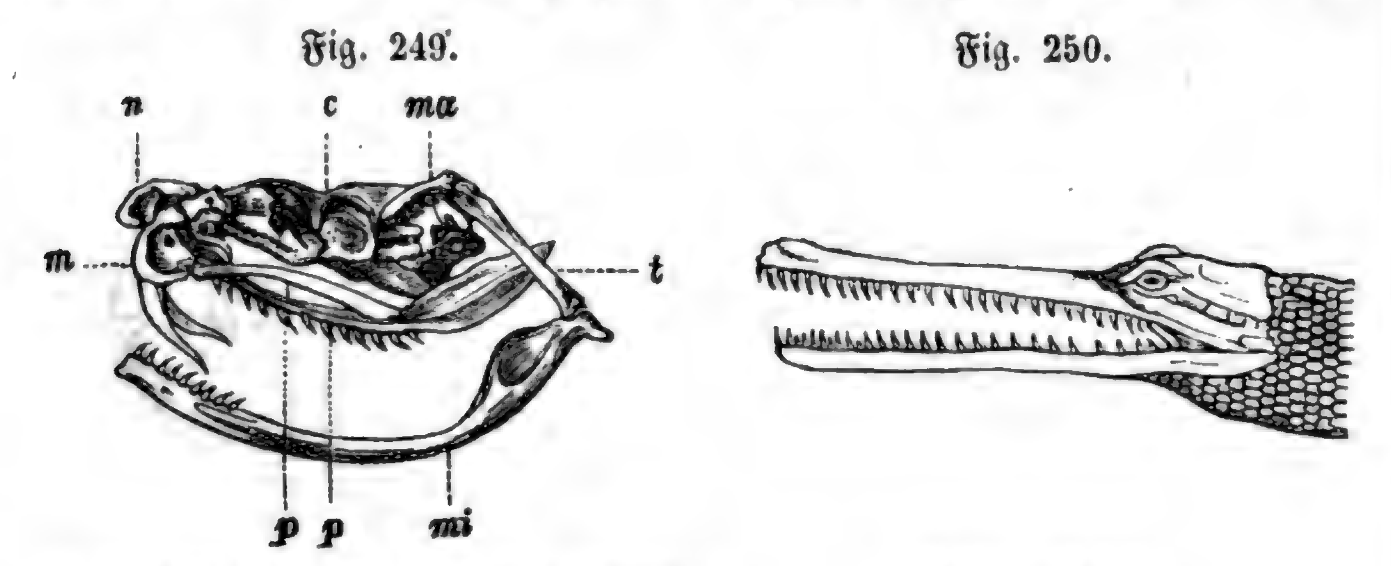


Petromyzon marinus, und dessen Mund von vorn gesehen.

alle Knochen in embryonisch-knorpeligem Zustande verharren, sind sie, weil allein verknöchert, davon unterschieden, beweglich, können aufgerichtet und einwärts niedergelegt werden. Nur die kleine und nächst den Branchiostomen am tiefsten stehende Gruppe, die der Zyklostomen (Fig. 248) hat einen Saug-Mund ohne Kiefern, von breiter fleischiger

Lippe umgeben und auf dieser so wie auf der Zunge mit spitzen Zähnen besetzt. Die Stempel-artig vor- und rück-wärts gleitende Zunge dient ihnen einen Luft-leeren Raum in dem irgendwo angedrückten Munde herzustellen und sich so mittelst dessen (an Steinen und) an anderen Fischen festzusaugen, wobei die Zähne wohl als Werkzeuge dienen, die Blut-Gefäße zu öffnen und das Blut in jenen Luft-leeren Raum eindringen zu machen. So hätten wir also auch hier einen Anfang auf einer wieder tieferen Bildungs-Stufe zuerst ohne Zähne und von da an aufsteigend einen Übergang von Saugern zu Käuern. — Bei den Reptilien sind die Zähne, welche zunächst manchen Batrachiern fehlen, ebenfalls noch meistens unmittelbare Fortsetzungen der Knochen, stehen öfters noch mehr-reihig auf den Kiefer-Beinen und mitunter auch im Gaumen. Sie sind spitz und abstehend und dienen nicht zum Zerbeißen und Zermalmen, sondern wie bei den meisten Fischen nur zum Fassen, Tödten und Zerfetzen, so daß diese Thiere gleich jenen ihre Beute meistens ganz verschlingen müssen, wie Das bei Schlangen am leichtesten zu beobachten ist, wo überdieß das einer großen Erweiterung fähige Maul, die bedeutenden Speichel-Drüsen zum Einspeicheln der ganz allmählich hinab-gleitenden Nahrung, und mitunter die Sitte (der Riesenschlange) der erfaßten Beute durch kräftige Umschlingungen zuerst die Knochen zu zerbrechen, wundersame und zum Theil gräuliche Ersatz-Mittel für den Abgang eines kräftigeren Gebisses, wie es die Raub-Säugethiere besitzen, abgeben müssen. Die

Fig. 249. Fig. 250.



Crotalus-Schädel, die Aneinanderfügung der Gebiß-Knochen zeigend.

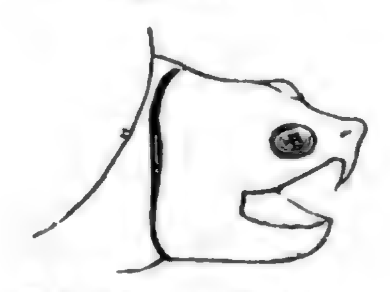
Gavial-Gebiß.

gedachte Erweiterung des Maules wird dadurch möglich, daß die einzelnen Knochen-Bestandtheile des Ober- und Unter-Kiefers nicht durch Näthe, sondern durch Sehnen mit einander verbunden sind,

daher aber auch um so weniger Kraft besitzen (Fig. 249). Nur bei Krokodilen (Fig. 250) und einigen untergegangenen Gruppen (Pterodactylus etc.) stecken die Zähne mit ihren Wurzeln schon selbstständig und vom Kiefer-Knochen getrennt in einzelnen Alveolen oder in Alveolar-Rinnen. Bei den Schildkröten fehlen die Zähne; dafür sind bei vielen die Kinnladen mit einem hornigen schneidigen Überzug versehen (Fig. 251). — Bei den Vögeln sind die Kiefer mit einem Horn-artigen Überzug in Schnabel-Form und zuweilen mit gekerbten Rändern bedeckt, welcher Keil-förmig zum Zerspalten (Fig. 252), Kegel-förmig zum Zersprengen und Zerdrücken und Haken-förmig zum Zerreißen (Fig. 253), mit Beutel-förmigem Kinn-Sack (Fig. 254, S. 276) zum Schöpfen und Einbringen der Fisch-Nahrung für die fernen Jungen u. dgl. m. dienen kann und überall der Ernährungs-



Fig. 251.



Schildkröten-Gebiß.

Fig. 252.



Picus medius.

Fig. 253.



Falco candicans.

Weise in Form und Größe angepaßt ist. Wasser- und Sumpf-Vögel aber müssen ihre thierische Beute ganz verschlingen und, wenn sie groß (Fische z. B.), den zuerst niedergeschlungenen Theil verdauen, ehe der letzte nachgleiten kann. Auch Körner-Fresser schlingen ihre Kost großentheils ganz nieder und weichen sie in diesem Falle eine

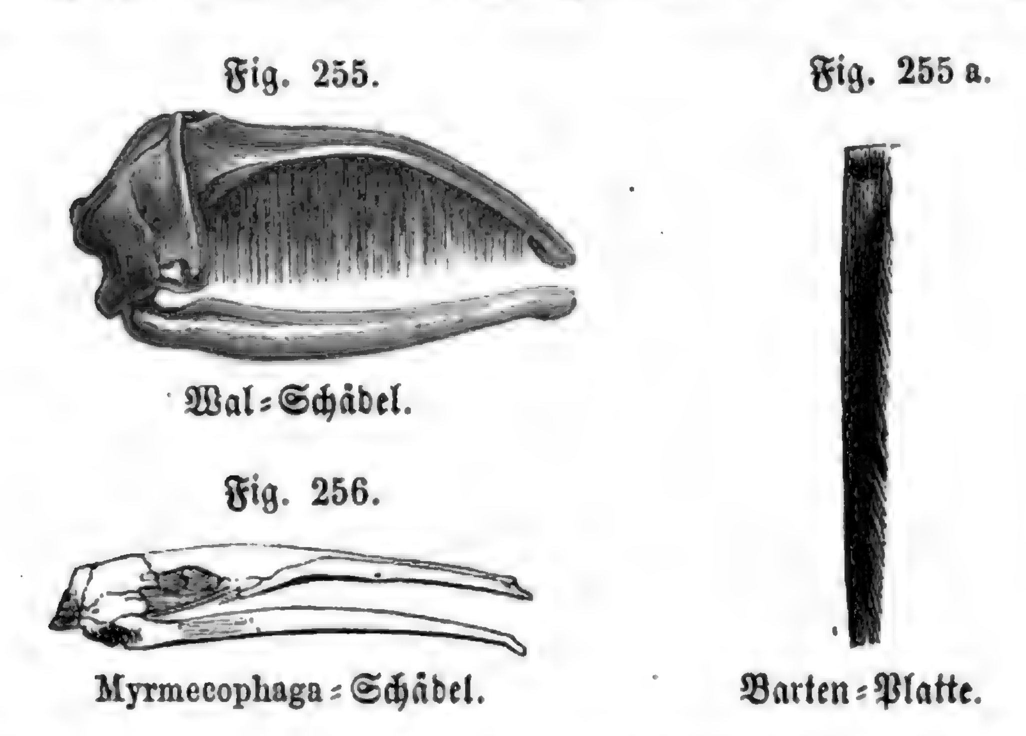
Zeit lang im Kropfe ein, ehe sie in den Magen gelangt; oder dieser ist aus zwei halb-kugeligen Muskeln gebildet, um sie nachträglich besser verarbeiten zu können. — Bei den Säugethieren endlich ist, wie schon bei den Vögeln, die Zunge nur noch Schling-Organ ohne Zähne. Wenige unter ihnen sind ganz zahnlos, wie einige Wale (Fig. 255), welche große Wasser-Massen mit ihrem organischen Inhalte auf einmal in das Maul aufnehmen und dann das Wasser zwischen ihren im Kieferbeine festsitzenden Barten (Fischbein) wie durch ein Sieb wieder austreiben, während dessen organischer Gehalt innen zurückbleibt; oder wie die eplazentalen und plazentalen Ameisen-Fresser (Fig. 256), welche ihre Nahrung an der Zunge klebend in den Mund ziehen und

Fig. 254.



Pelecanus perspicillatus.

Fig. 255. Fig. 255 a.



Wal-Schädel.

Fig. 256.

Myrmecophaga-Schädel.

Barten-Platte.

nicht zu käuen nöthig haben. — Das Schnabelthier, ebenfalls noch zu den Eplazentalen gehörig (Fig. 257), wiederholt den Vogel-Schnabel,

der in der Jugend weich genug ist, um ihm das Umfassen der Zitze, das Saugen möglich zu machen. Bei allen Säugethieren, wo Zähne vorkommen, sind diese auf die Kieferbeine beschränkt, von diesen

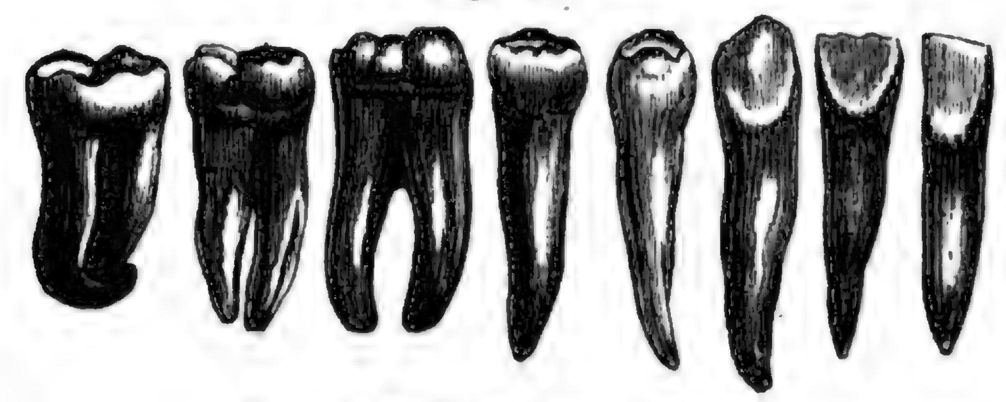
Fig. 257.



Ornithorhynchus: das Schnabelthier.

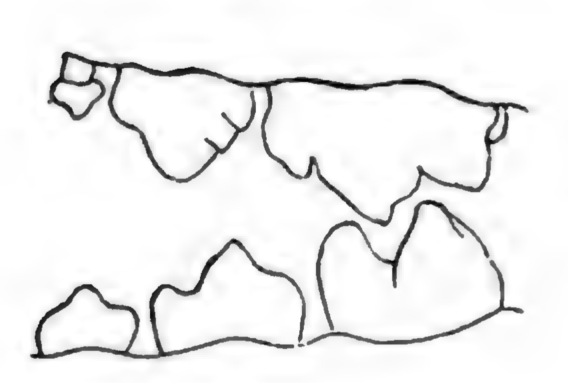
unabhängig mit Wurzeln (Fig. 258) versehen; bei den Delphinen in gemeinsamen Zahn-Rinnen eingesenkt; bei allen übrigen Ord-

Fig. 258.



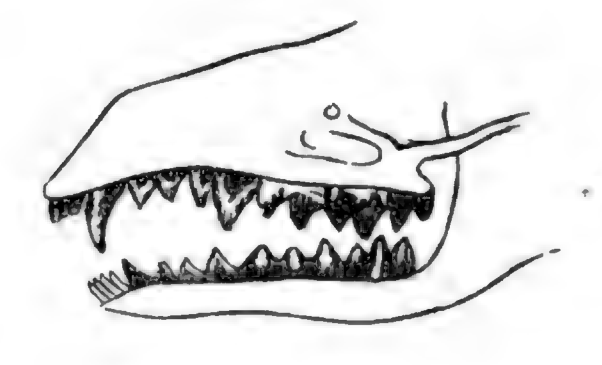
Unterkiefer-Zähne des Menschen.

Fig. 259.



Tiger-Backenzähne.

Fig. 260.

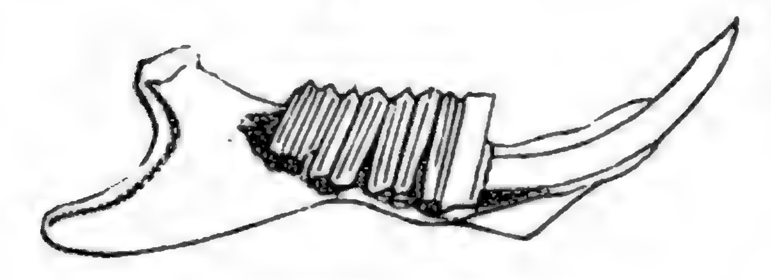


Insektenfresser-Gebiß.

nungen in getrennte Alveolen eingekeilt und in Gestalt und Zahl sich der Art der Nahrung anpassend. Daher bald scharf zum Zerschneiden

thierischer Beute bei Raubthieren (Fig. 259), bald spitzzackig für Insekten-Kost (Fig. 260), bald platt und von vertikalen Schmelz-Lamellen durchsetzt, wo es sich um Zerreiben vegetabilischer Nahrung handelt, zu welchem Ende bei Wiederkäuern und bei Nagern (Fig. 261, 262)

Fig. 261.



Nagethier-Unterkiefer.

Fig. 262.



Nagethier-Backenzähne.

der Unterkiefer auch noch eine waagerechte, am Oberkiefer hin- und her-gleitende Bewegung besitzt, die, mehr und weniger rechtwinkelig zur Richtung jener Lamellen, dort von vorn nach hinten und hier von rechts nach links geht. Noch andere Ordnungen sind für beiderlei Hauptarten der Nahrung zugleich eingerichtet, wie Dieß bei manchen Dickhäutern, bei den sogenannten omnivoren Raubthieren, einigen Affen und dem Menschen der Fall ist, welcher auch in dieser Beziehung den Kulminations-Punkt der Klasse bildet.

So differenziren sich bis zu ihm herauf alle Theile des Gebisses der Wirbelthiere von Stufe zu Stufe, indem jeder derselben seine besondere Funktion übernimmt, jedoch mit einigen Schwankungen meist in den unteren Theilen der Klassen und Ordnungen, oder zur Anpassung an die Art der Nahrung; die Pflanzen- und Thier-Fresser wechseln selbst in einerlei Klasse und Ordnung vielfältig im Systeme mit einander ab. Je höher aber diese Thiere im Systeme emporsteigen, desto mehr differenziren sich auch die Zähne eines und desselben Mundes von einander. Bei Fischen, Reptilien und selbst noch Delphinen sind alle Zähne einer Thier-Art von fast gleicher Form, meist spitz, Kegel-förmig, zuweilen Pflasterstein-artig, selten schneidig-zackig (Haie). Bei den höheren Säugethieren dagegen nehmen nicht nur Backen-, Eck- und Schneide-Zähne je eine andere Form an, sondern selbst die wenigen Backenzähne erscheinen von zwei- bis drei-erlei Form (Fig. 259), und beim Menschen ist fast jeder Zahn vom andern verschieden (Fig. 258).

b) Die Fortpflanzung der Thiere.

Wir wählen zum Gegenstande unserer Untersuchung als nächstes Organen-System das zur Fortpflanzung bestimmte, weil die Thiere außer den Ernährungs-Organen nur noch dieses mit den Pflanzen gemein haben. Von der Fortpflanzungs-Weise der Pflanzen war schon früher (S. 176) die Rede, und wir haben uns hier demnach nur noch mit den Thieren allein zu beschäftigen, verbinden jedoch, um nicht zu oft die Betrachtung zusammenhängender Erscheinungen abbrechen und wieder auf's Neue darauf zurückkommen zu müssen, auch die Vergleichung der Entwickelung der jungen Wesen damit, welche aus der Thätigkeit der Fortpflanzungs-Organe hervorgehen.

Während die Thiere genöthigt sind, zum Zwecke der Nahrungs-Aufnahme einen großen Theil ihrer Ernährungs-Organe und insbesondere die der freiwilligen Funktionen den äußeren Existenz-Bedingungen, der Art der Nahrung u. s. w. genau anzupassen, diese Anpassung in jedem neuen Organisations-Typus nach der Beschaffenheit dieses Typus abzuändern und nach den Gesetzen progressiver Vervollkommnung durch Differenzirung mehr und mehr zu verbessern, sind dieselben hinsichtlich ihrer Fortpflanzungs-Organe sehr unabhängig von den äußeren Existenz-Bedingungen, unter welchen nur hauptsächlich die Festheftung oder freie Lokomotions-Fähigkeit derselben einen wichtigen Unterschied hervorrufen kann.

Wie bei den Pflanzen existirt auch bei den Thieren eine geschlechtlose, eine geschlechtliche Fortpflanzung und, bei den unvollkommneren Geschlechts-Wesen, ein diese beiden Vermehrungs-Weisen vereinigender Generations-Wechsel. Die Geschlechts-Thiere bringen in zweierlei besonders dazu bestimmten Drüsen-artigen Körper-Theilen, in den Hoden und Eierstöcken, Saamenfädchen (Spermatozoen) und Eier hervor, von welchen die letzten wesentlich aus dem Dotter bestehen, der oft noch von Eiweiß und verschiedenen Hüllen umgeben sein kann, an denen sich eine feine Öffnung befindet, die Mikropyle, durch welche wenigstens ein Saamenfädchen ins Innre eindringen muß, um, wie es scheint, durch Verbindung mit einer Keim-Zelle die Befruchtung zu bewirken, einen Punkt des Eies Entwickelungs-fähig zu machen, der sich dann den übrigen Inhalt des Eies zu seiner Fortbildung allmählich aneignet. Indessen gibt es unter den Würmern wie unter den Gastropoden-Schnecken solche, welche Eier mit vielen (2—5 und mehr) Dottern legen, aus denen sich demnach auch

viele Embryonen zugleich entwickeln können. Dieß ist bei den genannten Thieren eine ausnahmslose Erscheinung, während die Polyembryonie bei den Pflanzen mehr eine ausnahmsweise, wenn auch in einigen Familien nicht selten ist. Es sind weder die unvollkommensten noch die vollkommensten Geschlechts-Pflanzen und -Thiere, wo man diese Erscheinung bemerkt. — Was die Menge der Eier betrifft, welche die verschiedenen Thiere jedesmal erzeugen, so ist sie um so größer (bis über 1 Million), je weniger Sorge die Ältern für deren Zukunft zu tragen im Stande, je mehr Gefahren sie in der Jugend ausgesetzt und insbesondere je mehr sie zugleich bestimmt sind, anderen Thieren zum Unterhalt zu dienen; ihre Zahl reduzirt sich auf 2—1, wo die Sorge und die Gefahrfreiheit am größten,



Fig. 262 [1].

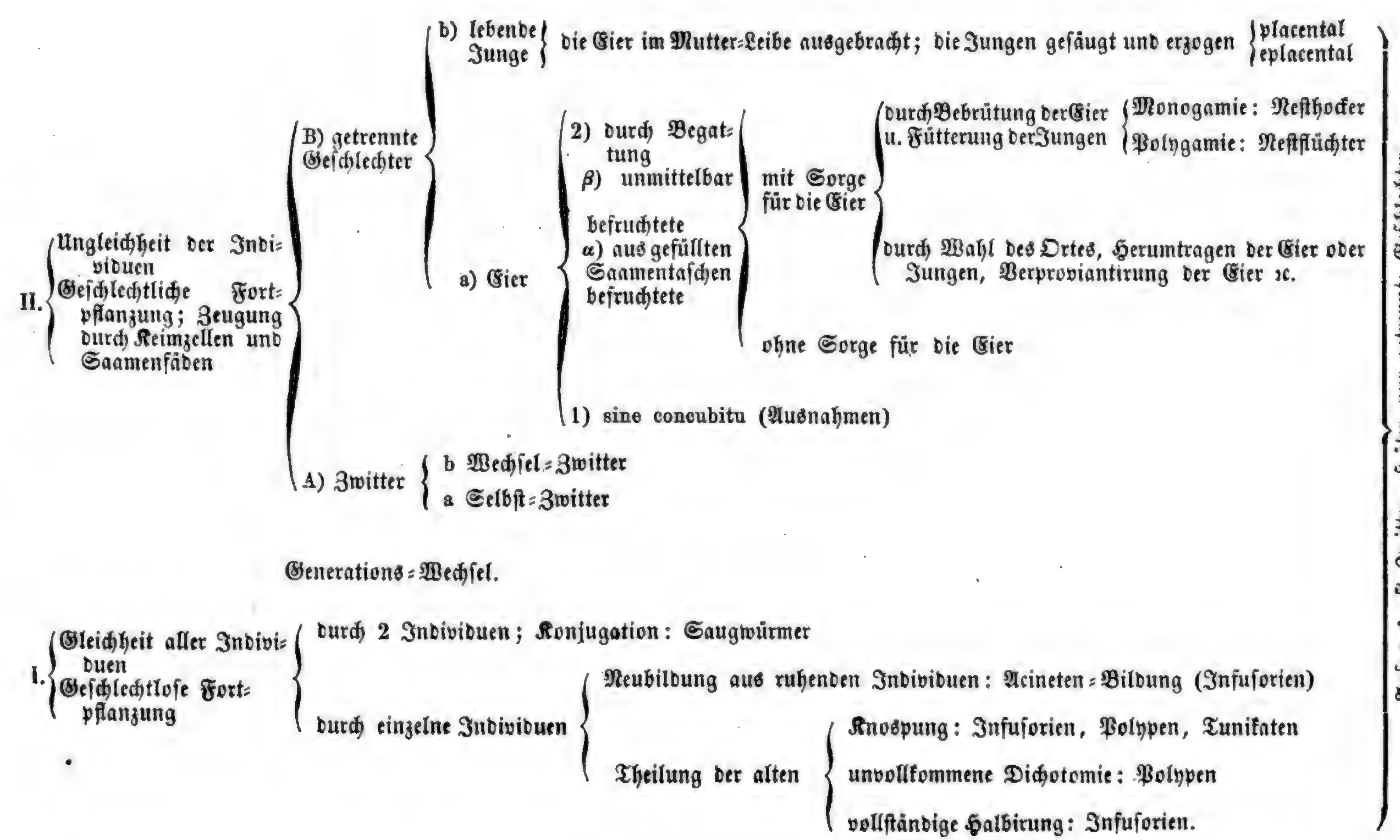


Lemur albifrons, sein angeklammertes Junges tragend.

und wo insbesondere die Ältern genöthigt sind, die unbehülflichen Jungen in der ersten Zeit säugend mit sich herumzutragen (Faulthiere, Fledermäuse, Affen: Fig. 262 [1]). Die Geschlechts-Thiere sind jedoch

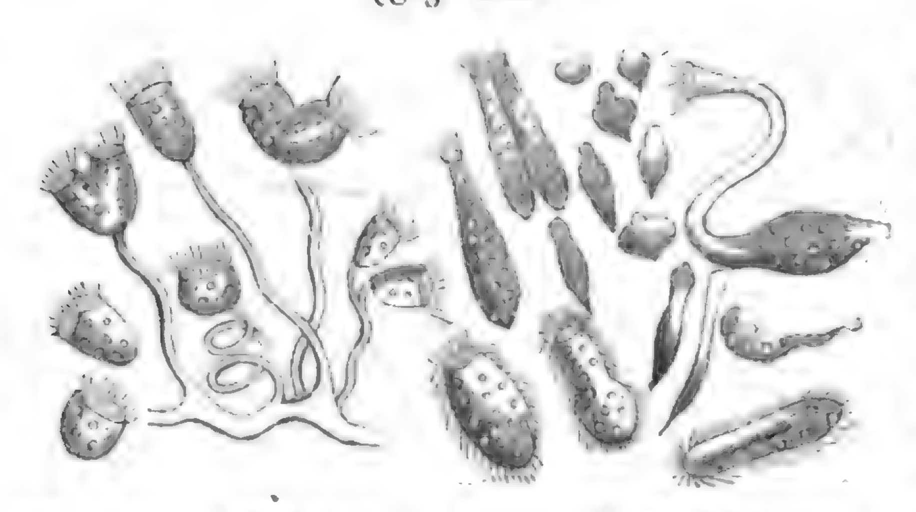
wie die Geschlechts-Pflanzen entweder solche mit in einerlei Individuen vereinten Geschlechts-Theilen, Hermaphroditen oder Selbst-Zwitter, und solche mit in zweierlei Individuen getrennten Geschlechts-Organen: Diözisten, zwischen welchen beiden bei den Pflanzen noch die Monözisten, bei den Thieren noch die Wechsel-Zwitter stehen, ohne daß beide sich entsprächen, weil nämlich der Begriff von Individuum bei der Pflanze dem bei'm Thiere nicht genau gleich ist. Bei den Selbstzwitter-Thieren genügt ein Thier-Individuum, bei den Zwitter-Pflanzen ein Blumen-Individuum sich selbst; — bei den Wechselzwitter-Thieren bedarf jedes Thier-Individuum eines zweiten, um zu befruchten und befruchtet zu werden, bei den monözischen Pflanzen jede Blüthe einer anderen Blüthe, die sich auf demselben oder einem anderen Pflanzen-Individuum befindet, um sie zu befruchten oder befruchtet zu werden; — bei den Pflanzen und Thieren ganz getrennten Geschlechtes ist jedes Individuum derselben entweder nur Männchen oder nur Weibchen und bedarf daher eines anderen Individuums zur aktiven oder zur passiven Befruchtung. Mit dieser großen Analogie zwischen beiden Reichen ist aber auch ein großer Gegensatz derselben verbunden. Beide beginnen zwar auf unteren Stufen mit Geschlecht-loser Fortpflanzungs-Weise; in beiden erscheint auch in den unteren Verzweigungen des Systemes der Generations-Wechsel bald, nachdem sich erst die zweifältigen Geschlechts-Verhältnisse entwickelt haben; aber während bei den Pflanzen zwitterliche Ausbildung ihrer Blüthen Regel ist und insbesondere das Streben der höchsten Verzweigungen des Systemes ausmacht, so daß monözische und diözische Gewächse, etwa von einigen Kryptogamen abgesehen, fast nur unter den unvollkommensten apetalen und polypetalen Dikotyledonen (Koniferen, Amentazeen, einigen Leguminosen u. s. w.) vorkommen, — erstreben die Thiere, je höher man im Systeme ansteigt, ein immer vollständiger getrenntes Geschlechts-Verhältniß, eine immer größere Differenzirung der Geschlechts-verschiedenen Individuen jeder Art. Dabei entbehren die Pflanzen wie die niedersten Thiere der Kopulations-Organe, welche sich dagegen um so gewöhnlicher vorfinden, je höher die Thiere auf ihrer absoluten und relativen Organisations-Stufe stehen. Noch ist endlich da, wo eine regelmäßige Kopulation stattfindet, der Unterschied hervorzuheben, daß durch dieselbe bei minder vollkommenen Thieren der Saame des Männchens nur in die Saamen-Taschen des Weibchens übertragen wird und von dort aus die Eier, wie sie gelegt werden,

einzeln befruchtet, wofür der Saame von einer Kopulation zuweilen für die ganze Lebens-Zeit ausreicht; — bei den höheren Thieren aber findet die Befruchtung der Eier durch das Männchen unmittelbar oder fast unmittelbar statt. — Der Grund jenes ersten Gegensatzes zwischen beiden organischen Reichen liegt darin, daß diejenige Blüthe schon die vollkommenste ist, welche von anderen unabhängig der Fortpflanzung der Art allein genügen kann; während bei den Thieren das durch die Verschiedenheit zwischen den Individuen und ihre Befruchtungs-Art begründete Familien-Leben um so mehr Quelle und Bedingniß einer höheren gemüthlichen und intellektuellen Ausbildung wird, je höher sie die Stufen des Systemes hinansteigen, so daß die vier Klassen des Kreises der Wirbelthiere sich wesentlich durch die Steigerungs-Stufen der Sexual- und Familien-Verhältnisse von einander unterscheiden: Befruchtung der Eier ohne Begattung, — Eier mit Begattung, — Bebrüten der gelegten Eier und Pflege der Jungen, — Entwickelung der Eier im Mutter-Leibe und Säugen und Erziehen der Jungen. Hier findet also nicht bloß ein Differenziren der geschlechtlichen Funktionen statt, sondern es kommen außer dieser Differenzirung noch neue höhere Funktionen hinzu. Obwohl nun die generativen Verrichtungen sich mit der Höhe der Gesammt-Organisation der Thiere steigern, so geschieht Dieß doch, wie es bei den Ernährungs-Funktionen auch der Fall gewesen, nicht in einer gerade ansteigenden, sondern auf einer bei jedem höheren Organisations-Typus und -Untertypus wieder tiefer beginnenden Stufe; daher es zum klareren Überblick dienen mag, wenn wir als Leitfaden ein theoretisches Schema der wesentlichsten Abstufungen in der Vervollkommnung der Generations-Verhältnisse ohne Rücksicht auf jene Brechungen der einfach ansteigenden Linie voraussenden, an welche sich dann die ferneren Unterabstufungen insbesondere nach der Beschaffenheit und Stellung der Genitalien und der Bildung der Eier leicht an- und ein-reihen lassen. Die gegenüberstehende Tabelle ist von unten nach oben zu lesen.


II. Ungleichheit der Individuen
Geschlechtliche Fortpflanzung; Zeugung durch Keimzellen und Saamenfäden
B) getrennte Geschlechter
b) lebende Junge
die Eier im Mutter-Leibe ausgebracht; die Jungen gesäugt und erzogen
placental
eplacental
a) Eier
2) durch Begattung
β) unmittelbar befruchtete
α) aus gefüllten Saamentaschen befruchtete
mit Sorge für die Eier
durch Bebrütung der Eier u. Fütterung der Jungen
Monogamie: Nesthocker
Polygamie: Nestflüchter
durch Wahl des Ortes, Herumtragen der Eier oder Jungen, Verproviantirung der Eier ɪc.
ohne Sorge für die Eier
1) sine concubitu (Ausnahmen)
A) Zwitter
b Wechsel-Zwitter
a Selbst-Zwitter
Generations-Wechsel.
I. Gleichheit aller Individuen
Geschlechtlose Fortpflanzung
durch 2 Individuen; Konjugation: Saugwürmer
durch einzelne Individuen
Neubildung aus ruhenden Individuen: Acineten-Bildung (Infusorien)
Theilung der alten
Knospung: Infusorien, Polypen, Tunikaten
unvollkommene Dichotomie: Polypen
vollständige Halbirung: Infusorien.
Anfangs oft Zwitter, später nur getrennte Geschlechter

Beginnen wir die spezielle Betrachtung wieder mit den Amorphozoen. Bei den Rhizopoden scheint jedes abgerissene Theilchen des Mutter-Thieres zu einem neuen Individuum werden zu können. Doch kommt (bei Miliolinen) vielleicht auch eine Fortpflanzung durch Conjugation vor, indem nämlich zwei Individuen sich mit einem Theile ihres Körpers aneinander legen, in dessen Folge Keim-Zellen zwischen beiden entstehen, aus denen sich neue Individuen ausbilden. — Bei den Infusorien erfolgt diese Theilung regelmäßig als freiwillige „Selbsttheilung" (Fig. 262 ²) in die Länge oder in die Queere, schon ehe das ältere Individuum ausgewachsen ist und ohne andere Unterbrechung seiner Thätigkeit, als daß, wenn die Theilung den Mund mit betrifft, was gewöhnlich ist, das Thier sich eine Zeit lang der Nahrung enthält. Diese Theilung ist immer hälftig, indem sich das Individuum in eine rechte und eine linke Hälfte abschnürt, welche dann selbstständig geworden sich rasch ergänzen und eben so rasch sich wieder theilen können, so daß, obwohl jedesmal aus einem Individuum nur zwei ganz getrennte und frei bewegliche entstehen, die Vervielfältigung doch in kürzester Zeit ungeheuer rasch steigt. Die Theilung geht immer durch den sogenannten Nucleus und, wie es scheint, von ihm aus. Sitzt das Thier auf einem Stiele fest, so kann die Theilung bis auf den Stiel herabgehen und sich so allmählich eine ganze Gruppe oder Kolonie beisammensitzender Thiere bilden (Vorticellinen, s. die Figur links). Es kommt aber auch die Fortpflanzung durch Acineten-Bildung vor; das Thier umgibt sich mit einer Cyste, geht in ruhenden Zustand über, verändert seine Form und bildet in seinem Innern, ebenfalls vom Nucleus ausgehend, entweder zu wiederholten Malen je ein Junges, oder mehre (2—10) Junge zugleich, alle von einer fremdartigen Form, welche dann aus dem alten hervorbrechen, das in diesem Prozeß selber aufgeht. Diese aus der Cyste hervorgehenden Jungen heißen dann Schwärm-Sprößlinge.

(Fig. 262 ².

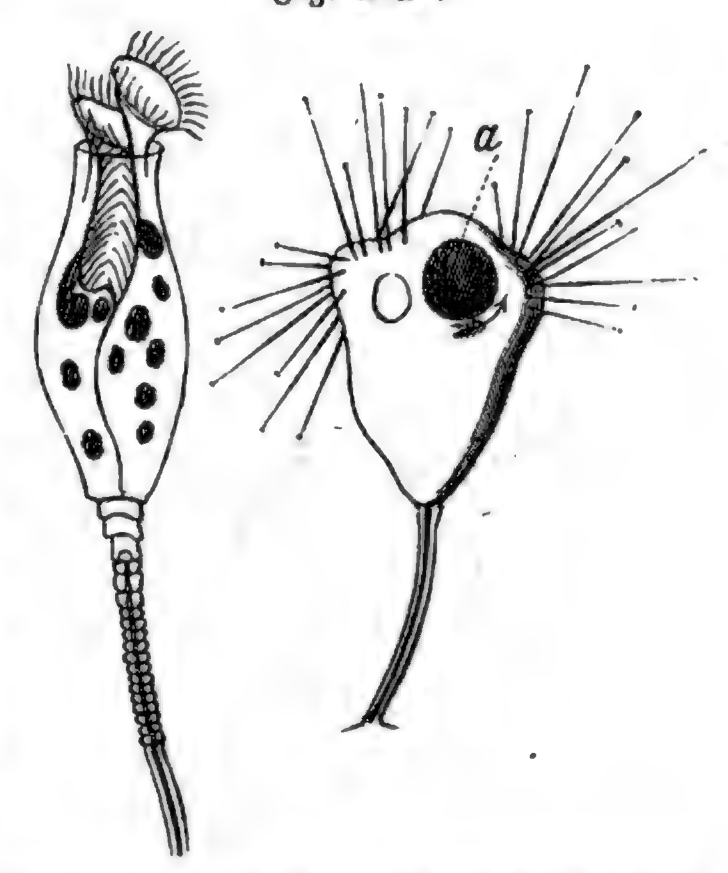


Verschiedene Infusorien, mitunter in Selbsttheilung begriffen.

Solche Cysten der Vorticellinen sind die sogenannten Acineten (Fig. 262 [3]). Außerdem kommt Knospung vor.

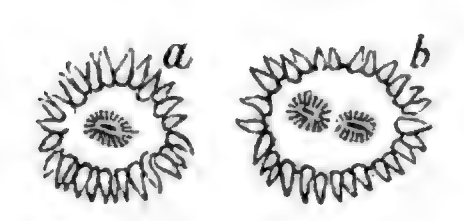
Der zweite Formen-Typus, die Aktinozoen umfassend, beginnt ebenfalls mit Geschlecht-loser Fortpflanzung, zu welcher aber die geschlechtliche Vermehrung ohne Begattung und noch ohne Sorge für die Eier bald hinzukommt und zuletzt allein bleibt. Mit Ausnahme der Hydren und Synapten scheinen jedoch alle getrennten Geschlechtes zu sein. — Die Eier bedecken sich bald (nach vollendetem Furchungs-Prozeß) mit Flimmerhaaren, schwimmen damit wie Infusorien umher und bilden sich dann erst weiter aus. Die Polypen oder Anthozoen vermehren sich individuell durch Dichotomie und durch Sprossung. Erstes geschieht, indem das Thier seinen anfangs runden Tentakel-Kranz, der sich um den Mund und über der Verdauungs-Höhle aus der runden End-Zelle des Polypen-Stockes erhebt, beim Fortwachsen in die Breite dehnt und dann durch völlige Abschnürung in der Mitte in zwei gleiche Hälften (manchmal in 3—4 gleiche runde Kränze und Zellen) scheidet (Fig. 263), ohne jedoch

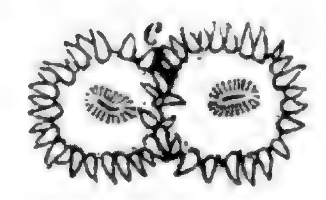
Fig. 262 [3].

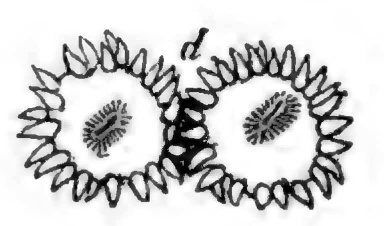


Epistylis nutans mit ihrer Acineten-Form; bei a das im Innern sich drehende junge Individuum, aus dem Nucleus entstanden.

Fig. 263.





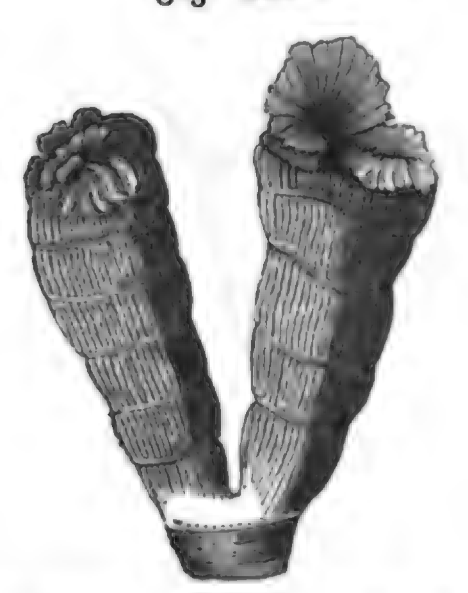


Caryophyllia: ein Polyp mit Mund und Tentakel-Kranz von oben gesehen, in 4 Theilungs-Stadien a b c d.

sich von dem unteren einmal fertig gebildeten Theile ebenfalls trennen zu können. Indem sich dieser Vorgang öfters wiederholt, entstehen mithin ganze Kolonie'n nebeneinander sitzender, mit eigenem Magen,

Mund und Tentakel-Kranze versehener und außen nur durch Polypen-Stock und Mantel zusammenhängender Individuen, deren Zellen bald auf weit getrennten Ästen des dichotomen Korallen-Stockes sitzen (Fig. 263[1]), bald dicht und unmittelbar neben einander liegen, je nachdem jene Abschnürung der Polypen-Zellen sich auch äußerlich mehr und weniger weit abwärts ausdehnt. Oder die individuelle Vermehrung wird durch Sprossen bewirkt, welche sich mit kleinem Anfange aus der Oberfläche des Mantels entwickeln und zu einem neuen, doch wie vorhin mit dem Mutter-Stock in Zusammenhang bleibenden Individuum ausbilden. Je nachdem nun diese Sprossen an der Basis des Hauptstocks (zuweilen Stolonen-artig), oder an den Seiten, oder auf dem Kelch-Rande, oder endlich mitten aus der Mutter-Zelle hervorkommen und in verschiedenem Grade fortwachsen, nimmt die hierdurch entstehende Kolonie Rasen-artige, Strauch- oder Baum-förmige (Fig. 264) und andere derartige Gestalten an. Dichotomie

Fig. 263[1].



Caryophyllia: Kalk-Stock mit 2facher Dichotomie.

Fig. 264.

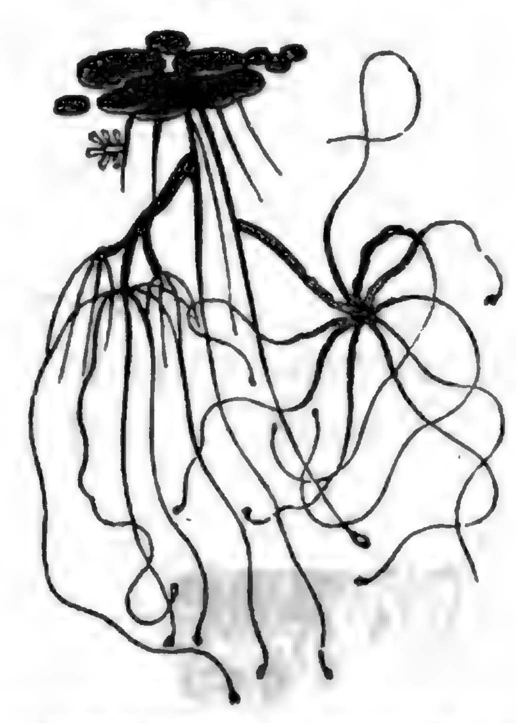


Oculina: Baum-förmiger Kalk-Stock mit Polypen in den End- und Seiten-Zellen.

und Sprossung können sich bei manchen Arten und selbst an einem Individuum beisammen finden. Aber alle Polypen besitzen auch eine geschlechtliche Fortpflanzung. Ihre Genitalien, männliche und weibliche nur zufällig in verschiedenen Individuen getrennt, entwickeln sich nämlich 6- bis 8zählig oder mehrfach in dieser Anzahl, in Übereinstimmung mit der Anzahl der Tentakeln und der

unter ihnen von der äußeren Körper-Wand aus in die Leibes-Höhle gegen den Magen vorspringenden Falten, welche die Genitalien tragen und denen die Lamellen der Stern-Zellen zur Stütze dienen. Aus ihnen gelangen Saamen-Thierchen der männlichen und Eier der weiblichen Organe in die untere mit Wasser gefüllte Leibes-Höhle, aus dieser in den oberen Magen-artigen Theil (S. 195, Fig. 114) und von da durch den Mund ins Freie, welcher demnach gleichzeitig auch noch After- und Genital-Öffnung ist. Beiderlei reichlich abgesonderte Elemente vermischen sich und wirken auf einander im Wasser, ohne daß bei den fest-sitzenden Polypen selbst eine Begattung nöthig oder möglich wäre. — Auch die Süßwasser-Hydren (Fig. 265), denen das innere Kalk-Gerüste fehlt und welche überdieß Zwitter sind, erzeugen sowohl Knospen, die sich ganz ablösen können, als auch Eier und Saamen-Thierchen in zweierlei an den Seiten des Körpers hervortretenden Schläuchen.

Fig. 265

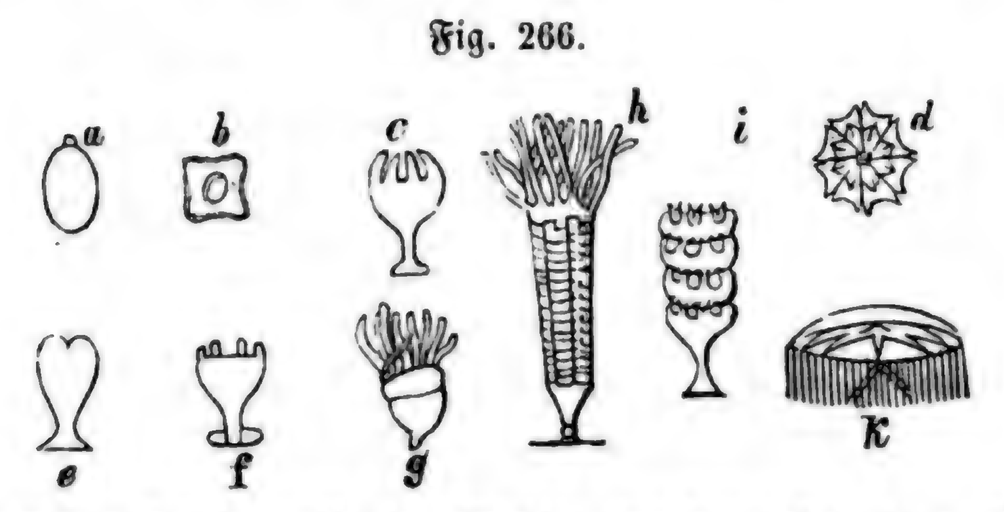


Hydra viridis: 2 Exemplare an den Wurzeln einer Lemna festsitzend; das eine einfach, das andere proliferirend.

Auch die frei schwimmenden Medusen sind getrennten Geschlechtes wie die Polypen und pflanzen sich wie sie auf geschlechtliche sowohl als auf ungeschlechtliche Weise fort; aber Dieß in einer bestimmten Ordnung, so daß die ungeschlechtliche vor, die geschlechtliche nach dem Eintritt des Geschlechts-reifen Alters und der Genitalien-Bildung erfolgt. Es sind die Erscheinungen des Generations-Wechsels, die aber noch verschiedene Modifikationen zulassen, wie z. B. daß die geschlechtlichen Individuen zuweilen geschlechtliche und Geschlecht-lose zugleich aus Eiern hervorbringen u. s. w. Es genügt für unseren Zweck, Dieß mit zwei Beispielen zu belegen, die wir den sogenannten steganophthalmen und den gymnophthalmen Scheibenquallen entnehmen, ohne auf alle anderen Verschiedenheiten, die da vorkommen, einzugehen. Die erst-genannten haben unter der Scheibe um den Mund und zwischen den Armen gelegen vier Taschen, an deren Wänden sich die männlichen oder weiblichen Genitalien befinden und ihren Inhalt in diese

Taschen entleeren, welcher dann durch eine abwärts-führende Öffnung ins Freie gelangt. Ohne Begattung, nur durch Flimmer-Bewegung vermittelt, gelangt so der Saame der Männchen zu den Eiern in den Taschen der Weibchen, aus welchen diese nach vollendeter Befruchtung austreten und zwischen den Falten der Arme sich zu In-

Fig. 266.



Medusa aurita: a Infusorien-förmiges Stadium des Larven-Lebens; e, f, c, g allmähliche Entwickelung des Polypen-förmigen Stadiums (bei b sieht man die vordere Kopf-Scheibe mit Mund-Öffnung und hervorsprossenden Tentakeln von oben); h Strobila-Form der Larve, die sich bei i in die einzelnen Scheiben auflöst; daraus d die junge und k die ausgebildete Meduse.

fusorien-artigen Thierchen entwickeln, die nach einiger Zeit anfangen frei umherzuschwimmen, dann sich nach Art der Polypen irgendwo festsetzen (Fig. 266), durch Sprossen eine Reihe neuer Individuen erzeugen (Strobila-Form), die sich endlich ablösen, trennen, verwandeln, wachsen, Genitalien bekommen und nun wieder als ausgebildete Medusen erscheinen. — Die nackt-augigen Scheiben-Quallen haben eine Zeit lang die Form horniger kriechender ästiger Pflänzchen (Sertularieen, Tubularieen, Coryneen) mit hohler Achse, welche bei den Sertularieen (S. 59, Fig. 37, dann Fig. 267) an den Enden der Zweige offene Becher tragen, worin geschlechtlose Polypen-ähnliche Thierchen sitzen, nur zur Ernährung des Pflänzchens bestimmt?. In den Achseln der Zweige erscheinen hin und wieder andere geschlossene Becher oder Kapseln, und zwar an manchen Stämmchen größere weibliche, welche Eier enthalten, an anderen kleinere männliche, die ihren

Fig. 267.



Sertularia mit sterilen Ernährungs-Thieren a, b, und aufsammenden Larven c. An letzten sind bereits zwei ausgebildete Medusen vorhanden. Andere weniger ausgebildete liegen im Innern unter der äußeren Becher-förmigen Hülle.

Saamen-Inhalt ins Wasser ergießen und so jene, wenn sie in der Nähe sind, befruchten. Aber die Geschlechts-Eier der ersten sind merkwürdiger Weise von zweierlei Art, indem die einen solche Nachkommenschaft liefern, welche Infusorien-Form annimmt, durch Wimper-Bewegung umherschwimmt, sich endlich festsetzt und wieder zu neuen Sertularien wird; — die anderen bleiben noch eine Zeit lang in der Ei-Kapsel, entwickeln Hut, Arme und Fangfäden, machen sich frei und schwimmen nun als kleine Scheiben-Quallen umher, in welchen sich die Geschlechts-Theile ausbilden, wie sie oben angegeben sind, deren weitere sexuell erzeugte Nachkommenschaft (wenigstens bei verwandten Sippen) wie gewöhnlich wieder in Polypen-ähnlichen Wesen besteht.

Die Echinodermen zeigen keine individuelle, sondern nur noch eine sexuelle Fortpflanzung ohne Begattung, aber bei jeder Ordnung in ganz abweichender Weise. Da sind zuerst die (gewöhnlich) festgewachsenen Krinoideen mit aufwärts gekehrtem Munde und gegliederten Ranken statt der Stäbchen oder Stacheln, welche ihre zahllosen Genitalien äußerlich an den dünnen Armen im Schlauchartig erweiterten Grunde der Fieder-Ranken tragen; die Befruchtung wird durch Platzen dieser Schläuche und Ergießung der Saamen-Flüssigkeit ins Wasser noch vor dem Austritte der Eier aus den ihrigen bewirkt. Das aus dem Ei entwickelte Junge schwimmt eine kurze Zeit wie ein Infusorium umher, setzt sich dann fest, bildet sich gegliederte Arme und einen gegliederten Stiel, auf welchem das Thier zeitlebens sitzen bleibt oder sich später wieder ablöst (Comatula, S. 63, Fig. 43, 44). Bei den normalen beweglichen Echinodermen mit unterem Munde, Stäbchen (Stacheln) und Zangen-artigen Pedizellarien sind die Verhältnisse manchfaltig. Die Ophiuren tragen 10—20 Quasten-förmige Genitalien in der Körper-Scheibe, welche mit je einer oder zwei Spalt-förmigen Öffnungen rechts und links neben dem Grunde der 5 Arme am Bauche ausmünden. Bei den Asterien sind die Gruppen vieler Quasten-förmiger Genitalien in die etwas geräumigeren Arme oder in die Winkel zwischen deren Basen verwiesen, im ersten Falle ohne bekannte Ausführungs-Öffnungen, daher sich ihr Inhalt wohl auch hier durch Platzen der Körper-Decke ins Freie ergießen mag; — im zweiten Falle münden sie durch Gruppen feiner Poren-Öffnungen am Rücken aus. Bei den Seeigeln finden dieselben, im Innern des Körpers schon mehr konzentrirt, ihren Ausweg durch 5 oder 4 Poren, welche eben so

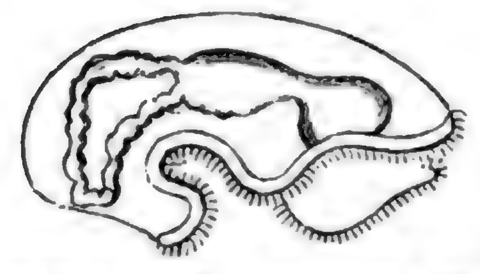
viele den Scheitel-Punkt umlagernde Täfelchen (Genital-Täfelchen, S. 62, Fig. 42) durchbohren. Die aus den Eiern dieser Echinodermen hervorgehenden und umher-flimmernden Polypen-förmigen Embryonen werden zuweilen bald den Ältern ähnlich (Fig. 268); —

Fig. 268.

Entwickelung von Echinaster sanguinolentus: s Ei-Schaale, e Dotter, p Haft-Apparat; die Ringchen in Fig. 4 sind die ersten Fühler-Poren.

meistens aber gehen sie zuerst in einen von denselben innen und außen gänzlich verschiedenen Larven-Zustand über (Fig. 269—271), der sich dann erst entweder unmittelbar in den reifen Zustand umgestaltet, oder diesen als einen völlig neuen Theil wie eine Knospe in sich erzeugt und hervortreibt, so daß mitunter nur der Magen allein von dem einen auf das andere übertragen wird, dann aber die anfängliche Larve bald ganz zu Grunde geht. Es liegt nicht in unserer Aufgabe, diese manchfaltigen Formen und ihre Übergänge zu beschreiben; es genüge daher auf die neben stehende Abbildung einer Larve von Asterias (Fig. 269), von einem Echinoideen ohne (Fig. 270) und mit Stern-Knospe (Fig. 271) zu verweisen. — Die liegenden, kriechenden Holothurien endlich (S. 65, Fig. 46) ohne Ranken und Stacheln enthalten im Innern vereinzelte oder Quasten-förmige Genital-Röhren, welche immer nur eine gemeinsame Ausmündungs-Öffnung kurz hinter dem Munde haben, mögen sie nun getrennten Geschlechts oder Zwitter wie Synapta sein. Obwohl die Metamorphose einfacher als bei den vorigen ist, so bildet sich doch auch hier ein ganz neuer Mund. Die Abbildung einer Larve theilen wir Fig. 272 mit. Die von Johannes Müller beobachtete sonderbare Erscheinung, daß die Eierstöcke der Holothurien zuweilen einschaalige Schnecken-Embryonen enthalten, hat noch keine Aufklärung gefunden.

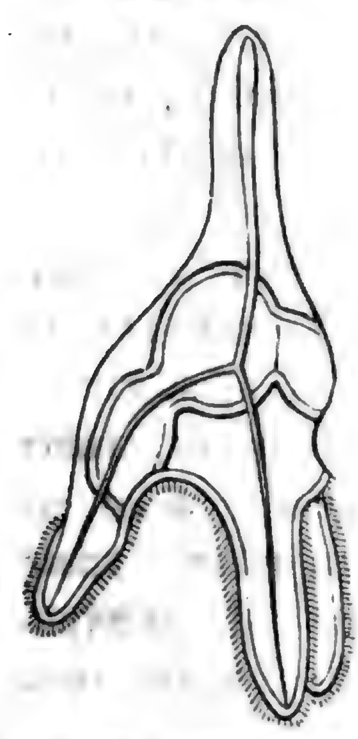
Fig. 269.



Asterias-Larve (Bipinnaria genannt), ohne Kalk-Gerüste, mit Wimper-Schnüren und Darm-Kanal.

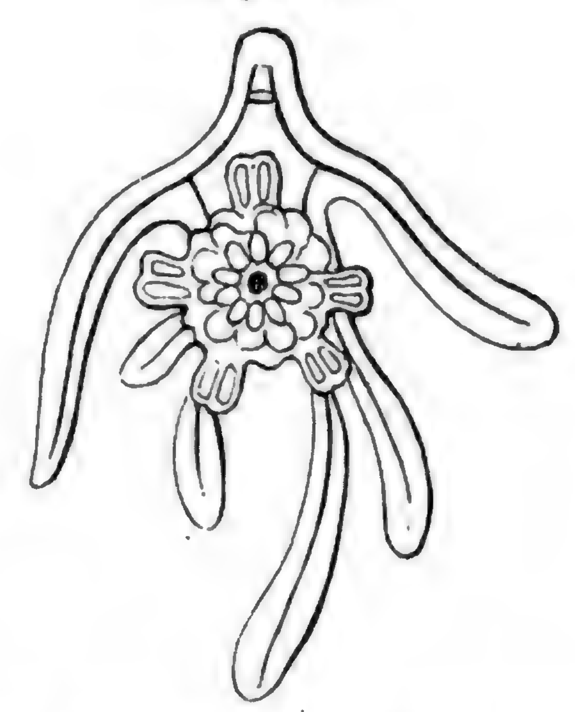
Im Kreise der **Weichthiere** begegnen wir anfänglich nochmals der individuellen Fortpflanzung, welche bei den Aktinozoen bereits aufgehört hatte, mit geschlechtlicher Vermehrung und Generations-Wechsel vereint. In diesem Kreise kommen noch viele Zwitter-Thiere

Fig. 270.



Seeigel-Larve (Pluteus genannt) mit Wimpern-Besatz, mitten mit dem Nahrungs-Kanal; die Gabel-förmige Längslinie bezeichnet ein Kalk-Gerüste im Innern.

Fig. 271.



Eine Larve (Pluteus paradoxus) mit dem herausgewachsenen Keime des reifen Thieres.

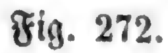
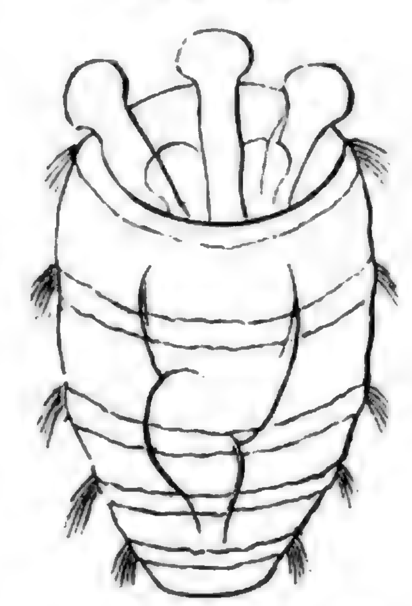


Fig. 272.



Holothurien-Larve mit Wimper-Reifen und den ersten Tentakeln.

vor; aber hier beginnt auch zuerst die wirkliche Paarung und zeigt sich die erste Spur einer Vorsorge für die Eier. Die individuelle Fortpflanzung beschränkt sich auf die 2 niedrigsten Klassen; der Generations-Wechsel auf einige Tunikaten. Die Zwitter-Thiere finden sich hier in den unteren und in etwas höheren Abstufungen der Tunikaten, Lamellibranchier und Gastropoden. — Die erste thätige Sorge für die Nachkommenschaft mit der ersten Paarung verbunden gewahrt man bei den Gastropoden. — Die festsitzenden und meist in Zellen eingeschlossenen **Bryozoen** sind größtentheils getrennten Geschlechtes und enthalten einen einfachen Hoden oder

Eierstock, deren Inhalt sich zuerst in die Leibes-Höhle entleert und durch die oft über der Hauptmündung der Zelle gelegene Öffnung nach außen zu treten scheint; bei Zwittern (Bowerbankia? Tendra? S. 197, Fig. 118) entwickeln sich die Eier jedoch noch im Innern, die Jungen treten aus, schwimmen einige Stunden flimmernd umher und setzen sich dann fest. Die meisten Arten haben aber in der oberen und seitlichen Wand ihrer hornigen oder kalkigen Zellen 1—8 Poren, aus welchen neue Individuen entstehen, die in Verbindung mit der Mutter-Zelle bleiben, so nämlich, daß jeder Bewohner einer Zelle durch die Poren mit allen anderen kommunizirt, mit welchen seine Zelle in Berührung ist, obwohl er doch wohl nur aus einer derselben hervorgesproßt sein kann. — Alle Tunikaten scheinen zwar Zwitter zu sein, deren Saamen- und Eier-Schläuche innerhalb am Mantel gelegen sich in die Kloake münden, daher dort unmittelbar die Befruchtung bewirkt werden könnte, wenn nicht die Ei'chen meistens viel früher als der Saame austräten, daher denn auch hier eine gegenseitige Befruchtung der Eier noch im Mutterleibe durch Vermittelung des Wassers stattfinden muß. Die frei-beweglichen Salpen (Fig. 273, 274) zeigen den Generations-Wechsel in der Weise,

Fig. 273.

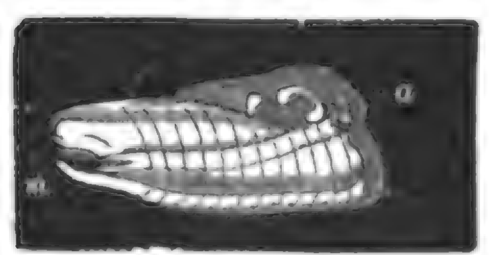


Fig. 274.



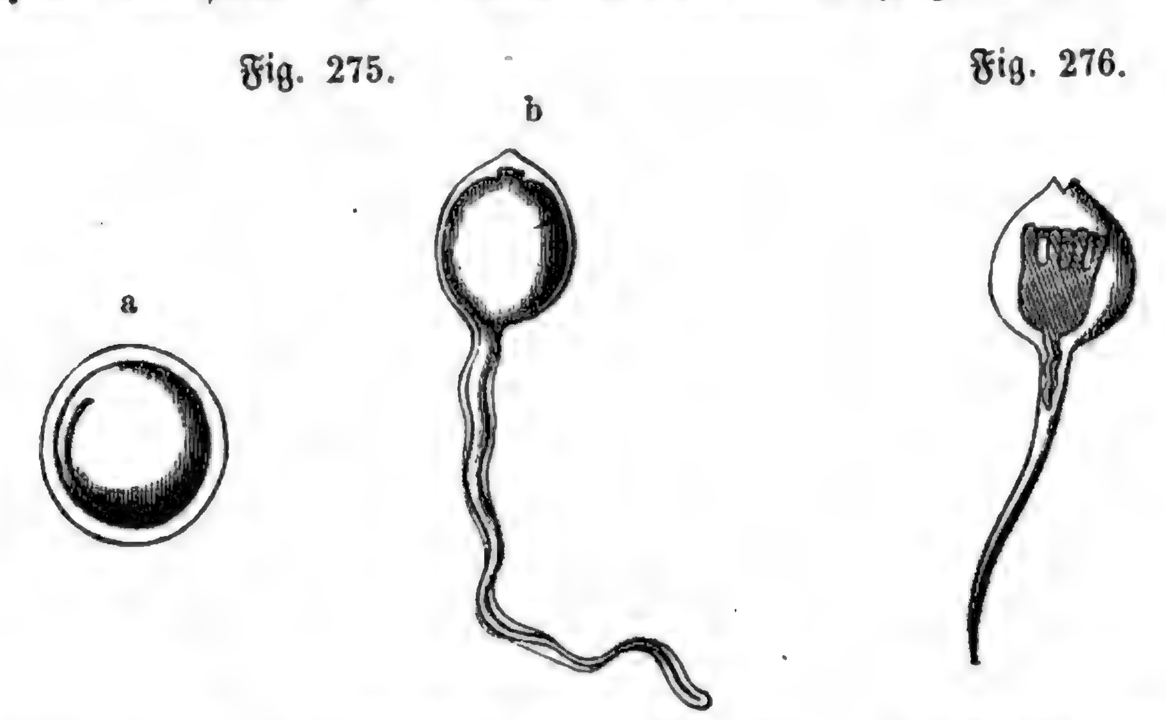
Salpa: m Mund, a After.

Einzelthier mit Keim-Höhle. Gruppen-Thiere.

daß jede Art in Einzeln-Thiere und in Gruppen-Thiere zerfällt; die ersten entwickeln in einer Brut-Höhle aus einer Reihe von Knospen eine Anzahl (6, 8—10 ꝛc.) in verschiedener Weise aneinandergeketteter Gruppen-Thiere, welche aus jenen hervorgetreten mit einander verbunden umherschwimmen und je ein Ei entwickeln, das durch den Saamen der Nachbarn befruchtet wieder zum Einzelthiere wird. Die festsitzenden Ascidien dagegen haben eine merkwürdige Metamorphose mit Sprossung verbunden, die einen zufälligen Generations-Wechsel bedingen kann, indem sich aus ihren Eiern frei schwimmende geschwänzte Larven, fast Forsch-Larven ähnlich, entwickeln (Fig. 275), die sich mit dem freien Vorderende festsetzen, den Schwanz

resorbiren und, nachdem sich hierauf die innere Dotter-Masse etwas gedreht hat, ihre endliche Gestalt annehmen und aus der festsitzenden Basis Stolonen treiben, aus welchen durch Ausstülpungen des Mantels neue Individuen entstehen, die eine Zeit lang von dem Mutter-Thiere aus durch Nahrungs-Zufuhr genährt und endlich selbstständig werden, obwohl sie mit der Mutter im Zusammenhang bleiben, wenn nicht ein Zufall die Abtrennung bewirkt. Bei den zusammengesetzten Botryllus- und Amaroucium-Arten (Fig. 276) ist der

Fig. 275. Fig. 276.

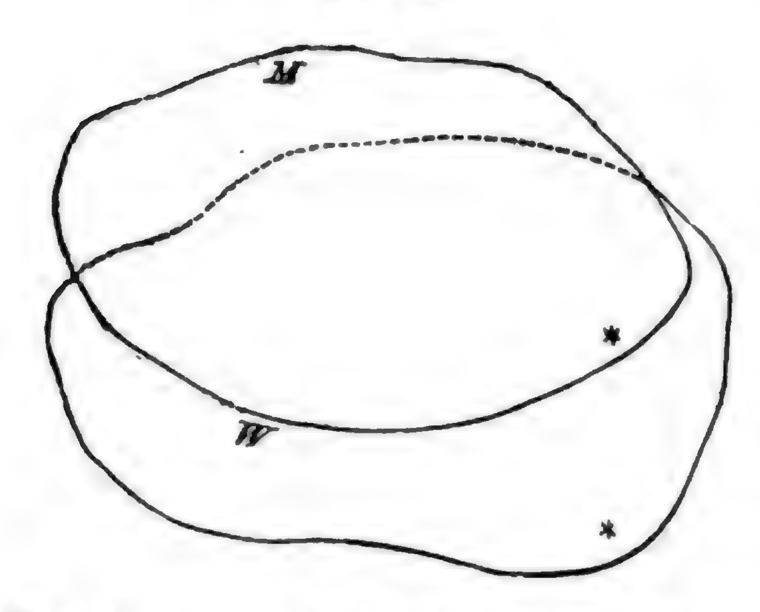


Cynthia depressa: a Larve im Ei, b frei geworden. Botryllus-Larve.

Hergang genau derselbe, nur daß das vordere Ende der Dotter-Masse, vor seiner Drehung, sich in mehrere Einschnitte theilt, welche sich in die Eingeweide eben so vieler Individuen verwandeln, die sich in enger Verwachsung mit einander entwickeln. — Die fest-sitzenden aber gesellig lebenden Brachiopoden scheinen getrennten Geschlechts, mit symmetrisch liegenden Hoden oder Eier-Stöcken im Mantel versehen, noch ohne Copulations-Organe, die Befruchtung mithin ebenfalls durch das Meer-Wasser vermittelt; die Eier treten aus und verweilen wie später die Jungen einige Zeit am Mantel der Mutter; die weitere Entwickelung ist nicht bekannt. Die Blätterkiemener, festsitzende wie frei-bewegliche, sind theils Zwitter und theils getrennten Geschlechts und scheinen in diesem letzten Falle bis jetzt die ersten Thiere zu sein, deren beiden Geschlechter oft schon an der äußerlichen Form unterscheidbar sind (Fig. 277, S. 294). Männliche wie weibliche Genitalien pflegen im Rumpfe zwischen den Eingeweiden zu liegen und beiderseits am Körper durch einen flimmernden Spalt auszumünden, welchem gegenüber ein anderer, an der Basis der

Kiemen sich dicht an den ersten legend, die austretenden Eier aufnimmt und in die hohlen Leisten der Kiemen-Blätter vertheilt, so daß diese oft davon strotzen. Hier bleiben sie kurze Zeit, wenigstens bis nach ihrer Befruchtung oder der „Furchung" des Dotters, und treten dann ins Wasser aus. Oft sieht man den Embryo schon im Eie sich drehen. Schaale, Mantel, Kiemen, Fuß werden der Reihe nach an ihnen unterscheidbar. Bei beginnender Absonderung des Mantels vom Rumpfe zeigt sich bei den See-Muscheln auch das „Seegel", ein anfangs zweilappiges, dann einfach rundes Organ am vorderen Ende des Körpers über dem Munde, das von einem Wimper-Kranze umgeben und in seiner Mitte mit einem langen hohlen Geisel-artigen Faden versehen ist, mit dessen Hülfe das Thier umherschwimmt (Fig. 278). Die Embryonen der Süßwasser-Muscheln bringen längere Zeit in den Kiemen der Mutter zu, schwimmen nicht und haben daher ein viel schwächeres Seegel (Fig. 279); sie

Fig. 277.



Unio siliquoideus: Männchen und Weibchen, bei * am untern Hinterende sich am meisten unterscheidend.

Fig. 278. Fig. 279.



Cardium-Embryo: mit Seegel. mit Seegel und Schaale.

Anodonta-Embryo: mit Seegel.

ähneln daher dem Mutterthiere mehr als jene, sind aber flacher, mehr dreieckig als die Alten und beiderseits immer mit einem gestachelten Fortsatze versehen (Fig. 280), der später mit dem Seegel verschwindet. Mit den Kopf-Mollusken treten die ersten Fälle

gegenseitiger Begattung und überhaupt die ersten Zeichen individuellen Wollens und Wählens bei der Fortpflanzung ein; doch geschieht Dieß noch nicht sogleich. Die frei schwimmenden Pteropoden als die unvollkommensten unter ihnen sind Zwitter, deren männlichen Organe in den weiblichen stecken und einen gemeinsamen Ausführungs-Gang nach vorn mit einer zur Befruchtung der Eier dienenden Erweiterung haben, womit oft auch noch ein Saamen-Hälter und ein Schleim-absonderndes Organ in Verbindung steht. Die ungleichzeitige Entwickelung von Saamen und Eiern und die Anwesenheit besonderer Haft-Organe an der Genital-Mündung u. s. w. lassen indessen auf eine gegenseitige Befruchtung schließen. Die Eier werden beim Legen in lange Schleim-Schnüren eingehüllt, in welchen während ihres Umhertreibens im Meere sich der Dotter furcht und die Bildung des Embryo's beginnt, woran sich zuerst 1 bis 3 Wimper-Kränze, Mund, Fuß und oft im Innern eine Schaale erkennen lassen.

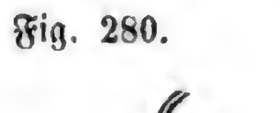
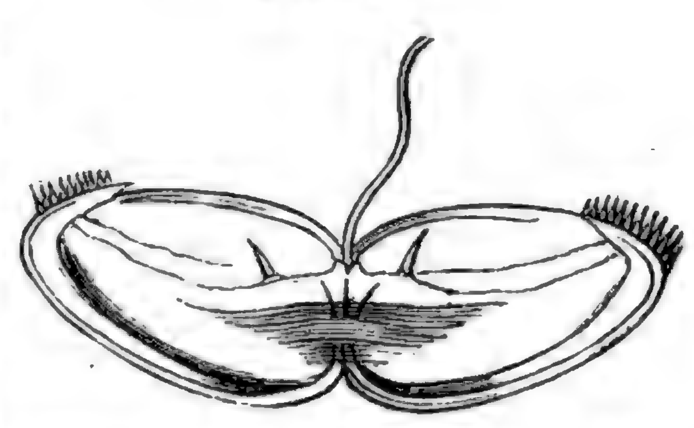


Fig. 280.

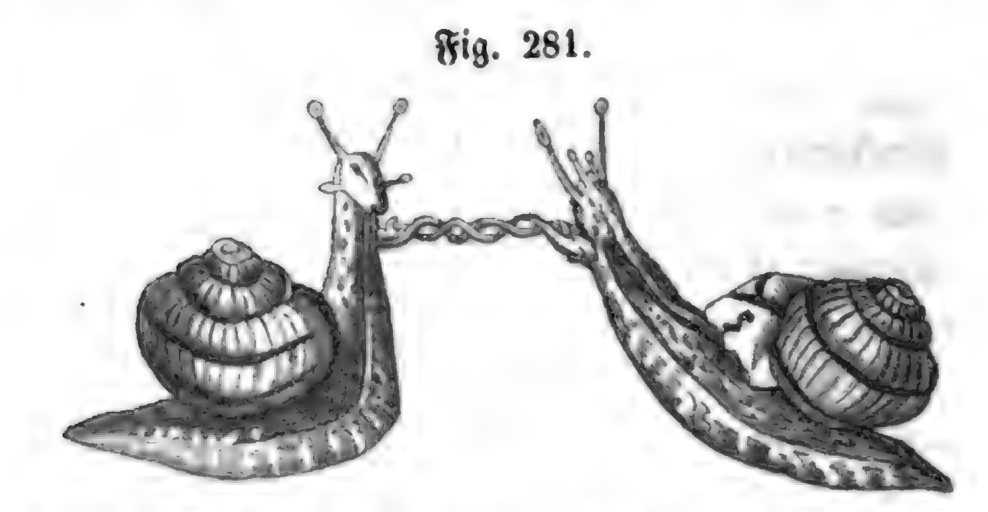


Anodonta: Embryo mit weit klaffender Schaale, Faden und stacheligen Fortsätzen.

Von diesen Theilen verwandelt sich der einzige oder der vorderste Wimper-Kranz zuerst in ein Seegel und dann (oder auch unmittelbar) in zwei Ruder-Flossen, die 2 hinteren Kränze, wo sie vorhanden, in 2 Paar Kiemen. Erst nach dem Austritte des Embryo's aus Ei und Ei-Schnur entwickeln sich die inneren Eingeweide und verschwindet der Fuß, welcher für das schwimmende immer bewegliche Thier nutzlos wird. — Die Gastropoden sind meistens mit äußeren Begattungs-Organen versehen und dann auch mehr oder weniger für das Unterbringen ihrer Eier an passenden Orten bedacht; sie sind größtentheils getrennten Geschlechtes und dann oft schon an der äußeren Form unterscheidbar, die mit äußeren (S. 73, Fig. 50) oder unvollständig bedeckten Kiemen und die mit Lungen versehenen Gruppen jedoch fast alle Zwitter. Wenigstens die zuletzt genannten befruchten sich gegenseitig (Fig. 281, S. 296), bald successiv so daß, wenn ein Individuum vom andern befruchtet ist, es nun seinerseits dieses befruchtet, bald gleichzeitig, indem viele Individuen eine ganze Kette bilden und das erste Individuum das zweite, während dieses das dritte

befruchtet. Die Genital-Öffnung und das aus derselben hervorstülpbare Kopulations-Organ pflegen am vorderen Theile des Körpers an einer Seite zu liegen (Fig. 282, 283). Die Fluß-Schnecken

Fig. 281.



Helix hortensis in Begattung (die Zeichnung nicht vor dem Spiegel gemacht).

Fig. 282.

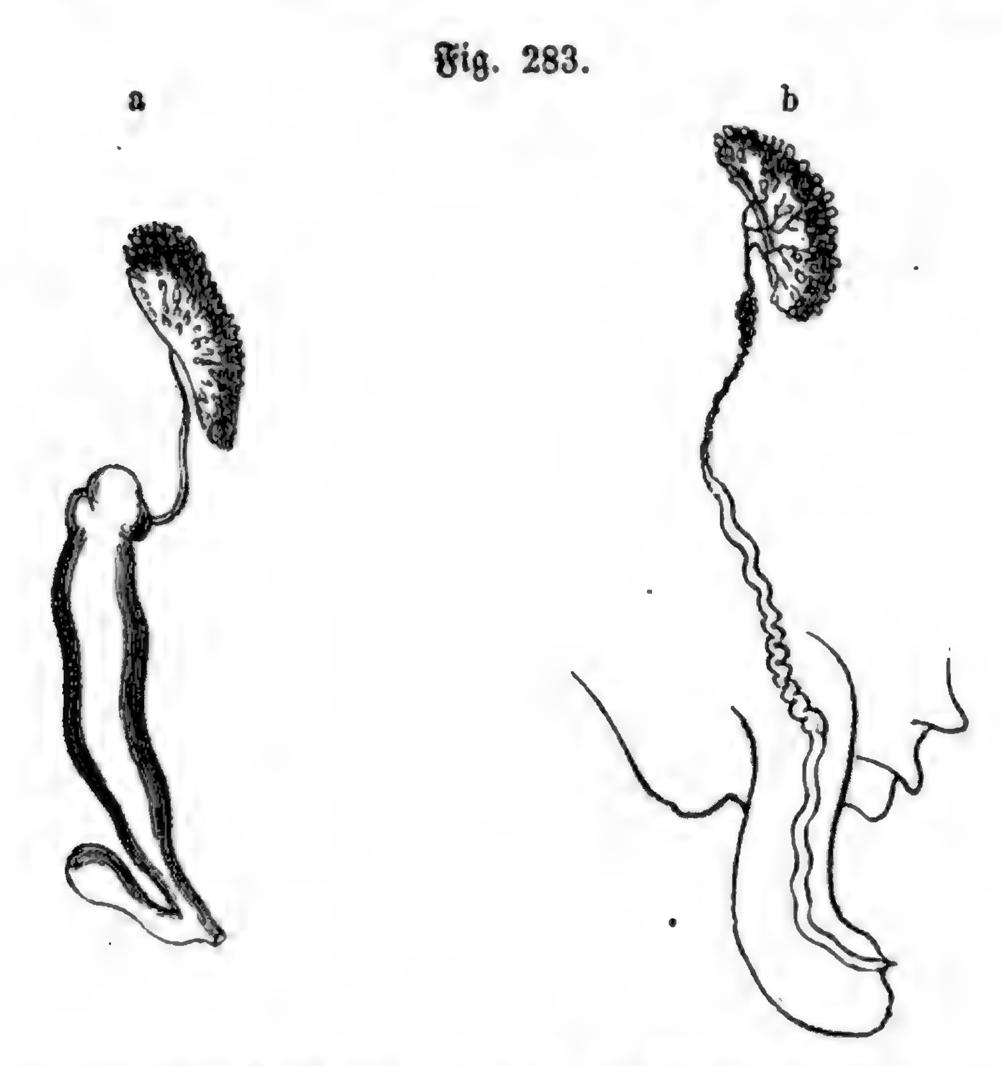


Genitalien einer Land-Zwitterschnecke: a ein gemeinsamer Sack, hinter dem ersten Fühler ausmündend; b männliche Ruthe, die sich bei der Begattung nach außen stülpt und in eine Art Geisel ausläuft; c ein Blindsack für den „Liebespfeil"; d Schleimdrüsen; e Vagina; g eine Blase, welche den Stoff zu den Eierschaalen liefert?, in vorige mündend; h Eileiter; i Ovarium; l Hoden; k Nebenhoden, der längs dem Eileiter fortsetzt und endlich durch f in den Penis übergeht.

legen ihre zuweilen mit 2—5 Dottern versehenen Eier gewöhnlich an ruhige und ihrer Entwickelung günstige Orte; die Meeres-Bewohner befestigen die ihrigen in Haufen (Fig. 284) und Schnüren zusammenhängend oder in besonderen Kapseln von mancherlei Form eingeschlossen (Fig. 285, 286, S. 298), zu deren Bildung gewöhnlich

besondere Drüsen mit den Eileitern in Verbindung stehen. Die Land-Schnecken indessen vergraben ihre ovalen und oft mit einer kalkigen Schaale versehenen Eier in losen Häufchen in feuchte Erde. Nach den Furchungen des Dotters beginnt der Embryo sich zu bilden,

Fig. 283.

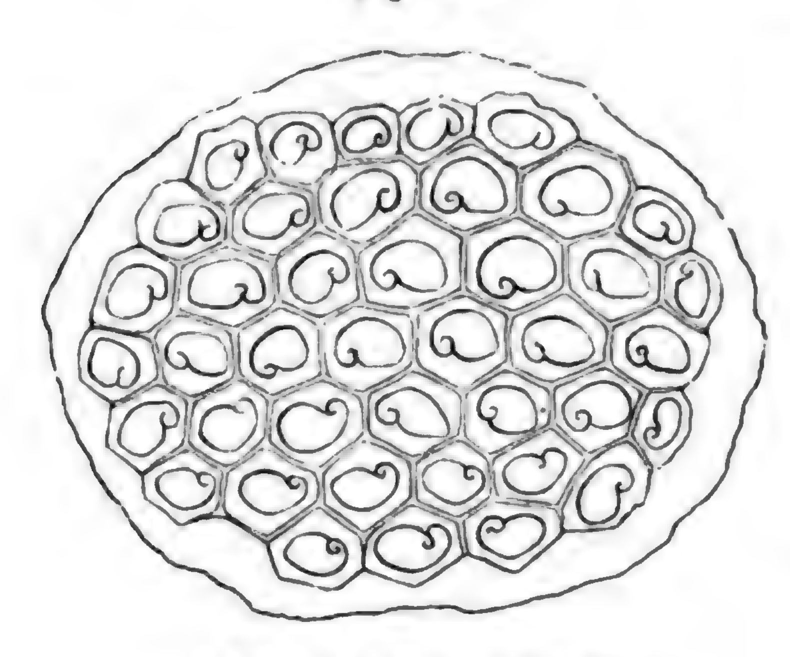


Buccinum undatum: männliche und weibliche Geschlechts-Organe, getrennt.

mittelst Flimmer-Thätigkeit im Eie zu rotiren und endlich innen an dessen Schaale herumzukriechen, aus welcher er dann endlich hervorbricht, nachdem er bei den Lungenschnecken zuerst Seegel, Fuß, Mund, Mantel und einen symmetrischen Anfang der Schaale, Fühler und Augen wenigstens als Rudimente gebildet hat, so daß eine weitere Metamorphose nicht mehr eintritt (Fig. 287, S. 299). Etwas größere Veränderungen haben Tergipes (Fig. 288, S 300) und Tritonia (Fig. 289, S. 300), so wie die anderen Gymnobranchier zu durchlaufen. Die Eier der letzten enthalten mehre Dotter (Fig. 289 a—f). Nachdem die Furchungen (Fig. 289 a—c) vorüber, bildet sich jeder Embryo vorn mit 2 runden Flimmer-Lappen aus, welche das Seegel vertreten und an die Flossen der Pteropoden erinnern (Fig. 288 a—c, Fig. 289 c—i) und mit deren Hülfe das Thier wie diese umherschwimmt, sobald es das Ei verlassen hat, die aber später resorbirt

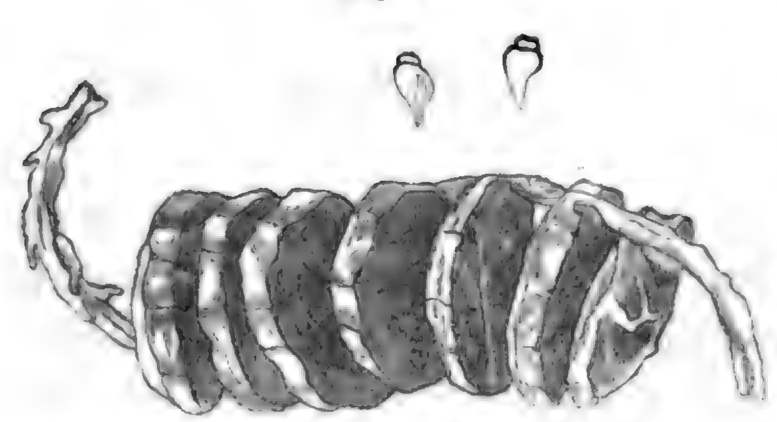
werden (Fig. 288 d—g). Der Mantel sondert eine gleichseitige, nicht oder wenig gewundene Schaale ab (Fig. 288 a—c; 289 f—l), welche später verschwindet (Fig. 288 d—g); der Fuß entwickelt sich mit einem Deckel (Fig. 288 a, d; 289 g—i), der nach außen umklappt, wenn das Thier heraustritt, und die Mündung der Schaale schließt, wenn es sich in die Schaale zurückzieht, in deren Grund es mit einem Muskel befestigt ist. Tergipes geht schon binnen 2—3 Tagen allmählich zu seiner reifen Form über, deren Augen, Gehör-Organe, Zunge (Fig. 288 a, b, c, d) schon frühzeitig vorhanden sind, deren Flimmer-Lappen und Haare verschwinden, der Deckel wird abgeworfen, die Schaale verlassen, der Fuß zur Lokomotion verwendet, die Kiefer und der Darm-Kanal mit dem After (Fig. 288 d e f bei a) und endlich die zwei Rückenkiemen (Fig. 288 f) werden deutlich. Ganz ähnlich, nur langsamer, ist der Vorgang bei Tritonia, so weit man ihn verfolgen konnte, nämlich bis zum Austritt des beschaalten Thieres aus dem Eie. Und ähnlich ist er endlich sogar bei den meisten übrigen Meeres-Gastropoden, wenn sie auch in späterem Alter eine andere, einseitig spirale Schaale und einen Deckel von ganz verschiedener Beschaffenheit besitzen; doch ist es noch kaum gelungen, bei irgend einer Art von Ktenobranchiern die Entwickelung weiter als bei Tritonia zu verfolgen. In mehren neueren Systemen sieht man die Lungen-Schnecken des Landes und Süßwassers mit Kopulation und ohne Metamorphose unter die Meeres-Schnecken mit stärkerer Metamorphose gestellt; — und es scheint zwischen den

Fig. 284.



Laich der Litorina litorea.

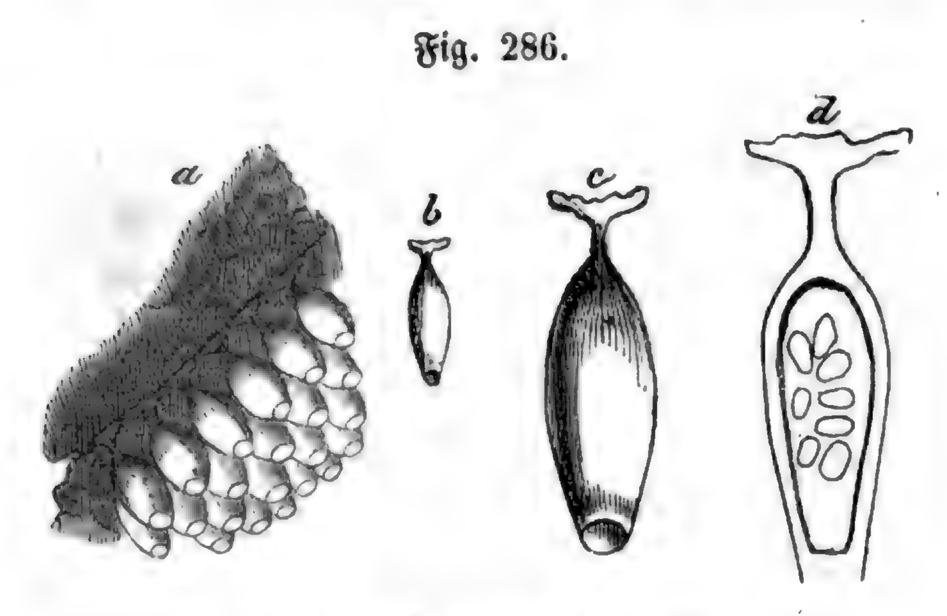
Fig. 285.



Laich einer Pyrula.

Lamellibranchiern und Gastropoden in dieser Hinsicht eine gewisse Analogie stattzufinden, da auch die Embryonen der Süßwasser-Muscheln dem reifen Thiere weniger fremd erscheinen als die der See-Muscheln*). — Die Kopffüßer sind alle getrennten Geschlechtes

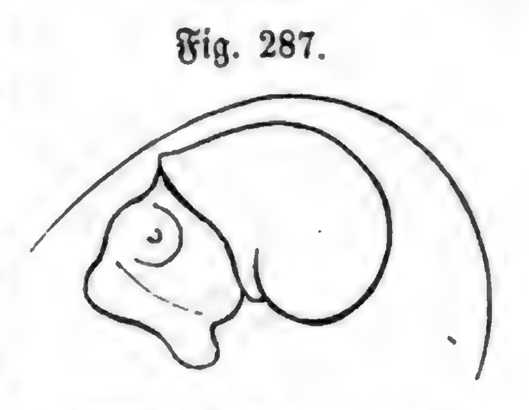
Fig. 286.



Laich von Purpura lapillus.

und frei bewegliche Schwimmer, die aber dem ungeachtet weder Kopulations-Organe besitzen, noch sich viel um das Fortkommen ihrer Eier kümmern, wie sie denn überhaupt mehr als eine andere Thier-Gruppe eine eigenthümliche Verbindung von Charakteren vollkommnerer mit solchen von unvollkommneren Thieren erkennen lassen. Eierstock und Hoden sind, obwohl im Innern aus vielen Schläuchen und Lappen zusammengesetzt, doch nur einzählig und münden durch lange Gänge in den Mast-Darm und mit diesem in den Trichter aus (Fig. 290, S. 301). Die Befruchtung der Eier wird gewöhnlich durch die Einführung der Saamenfädchen mit dem eingeathmeten Wasser in den Mantel-Raum bewirkt, wo jene auch mit ihrer Laich-Hülle versehen werden, ehe sie den Mutter-Leib verlassen. Die Entwickelung des Thieres aus dem Eie zeigt die schon früher (S. 78, 95) hervorgehobene Eigenthümlichkeit, daß das Keimblatt, woraus

Fig. 287.

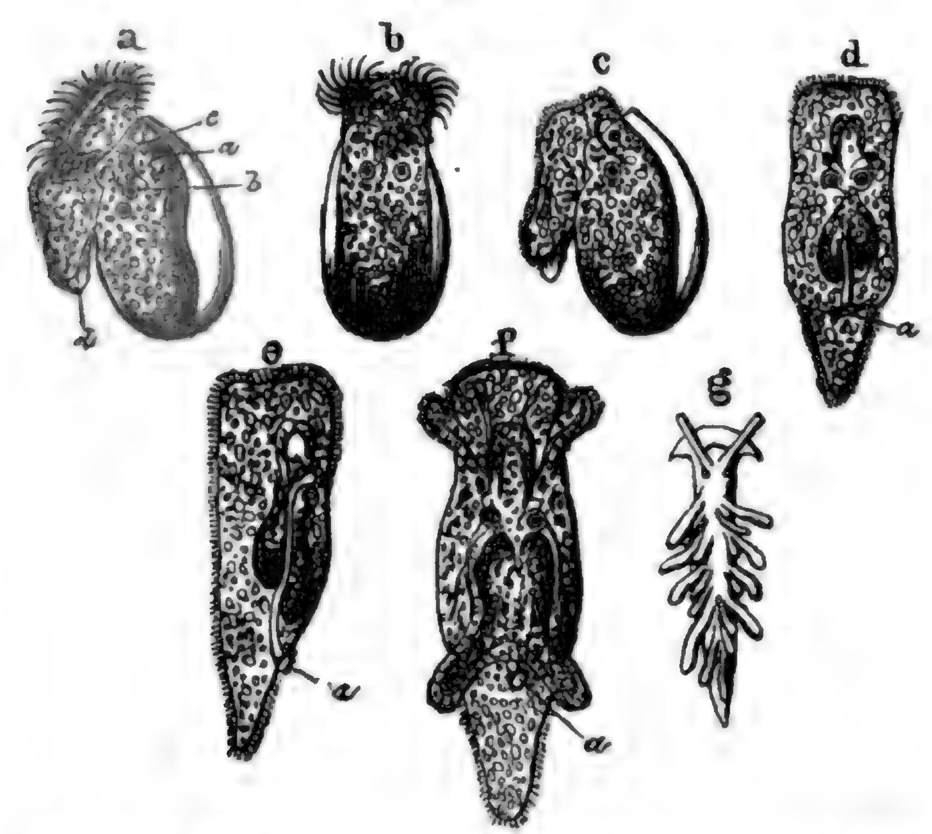


Embryo von Limnaeus.

*) Ebenso verhält es sich auch mit dem Fluß-Krebse den Krustern des Meeres gegenüber.

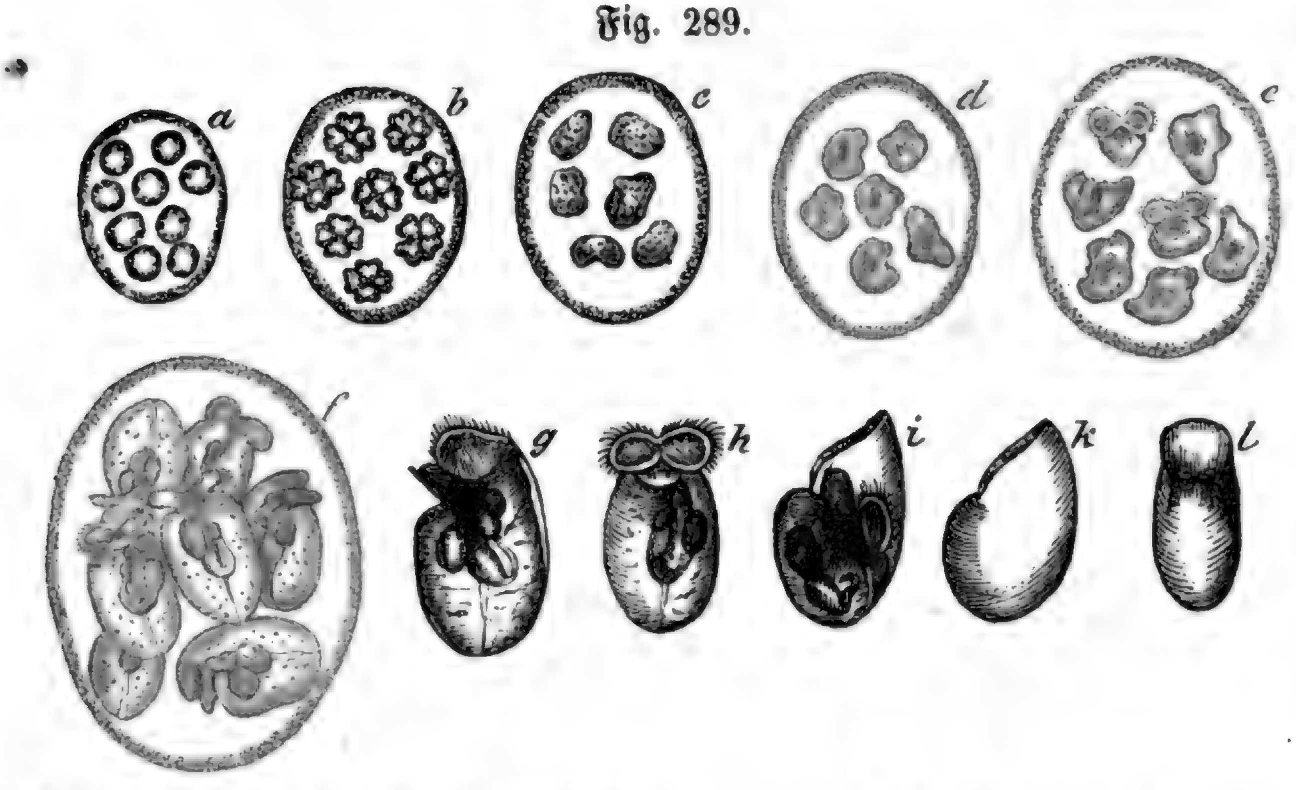
sich der Embryo bildet, nur einen Theil des Dotters bedeckt und der Fötus den Dottersack durch den Kopf in sich aufnimmt (Fig. 291). Die sonderbarste und am meisten anomale unter allen bei der Fort-

Fig. 288.



Tergipes lacinulatus: a d Flimmer-Lappen; f a After.

Fig. 289.

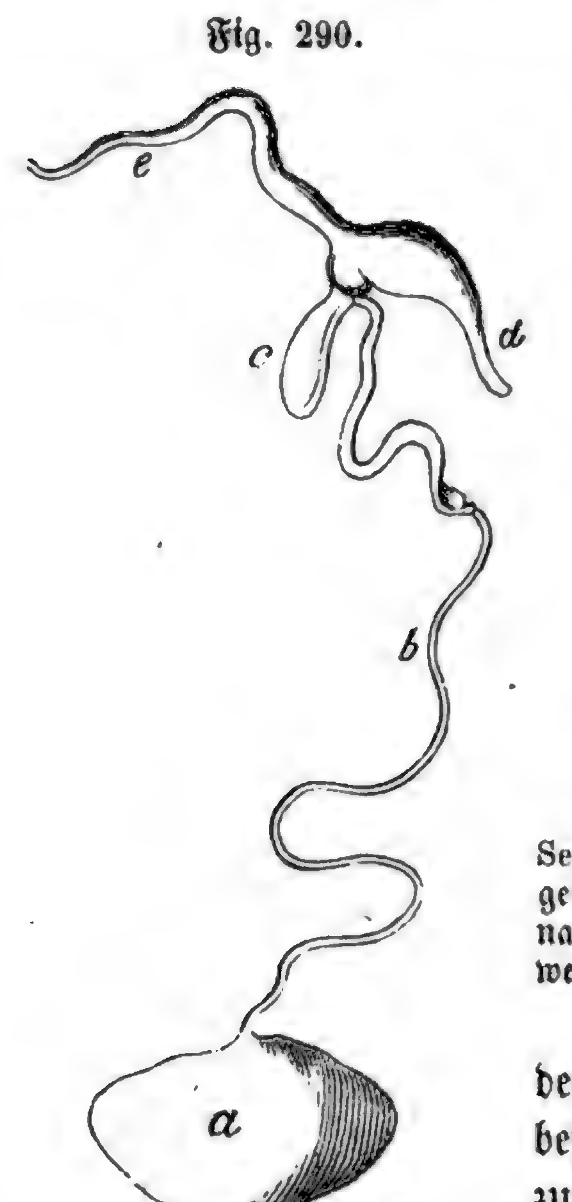


Tritonia Ascanii (vergl. Fig. 50, S. 73). a—f Eier mit mehreren Dottern; g—i diese ausgetreten; k—l Schaale.

pflanzung der Thiere vorkommenden Erscheinungen zeigt sich bei den achtarmigen Zweikiemenern (Argonauta, Octopus, Tremoctopus, Fig. 292). Sie besteht darin, daß bei dem Männchen der Saame

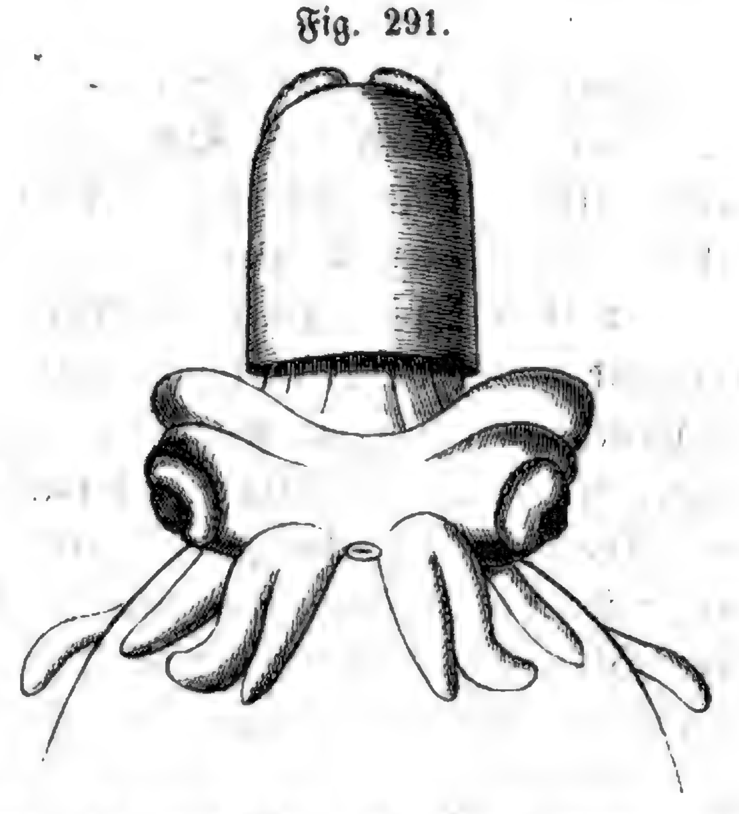
aus der Saamen-Drüse durch deren Ausführungs-Gang in eine Erweiterung und in dieser zuerst in kleine Taschen oder Spermatophoren gelangt, mit und in diesen in einen Sack am Grunde des dritten Armes linker Seite übergeht, welcher Arm sich dann ganz vom Männchen ablöst, eine Zeit lang wie selbstständig umherschwimmt und endlich durch den Trichter [?] in die Mantel-Höhle

Fig. 290.



Octopus vulgaris: a Hoden, b Saamenleiter, c Anhangs-Drüse, d Spermatophorentasche, e Penis.

Fig. 291.



Sepia; das junge Thier noch unvollkommen ausgebildet, der Mantel oben und das Kopf-Ende nach unten auf der Dotter-Blase ruhend, von welcher nur ein Theil des Umrisses gezeichnet ist.

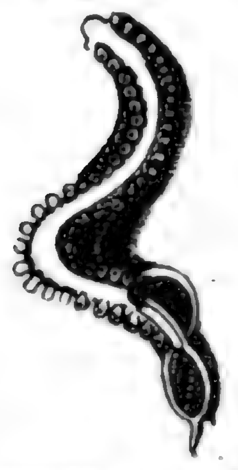
des Weibchens geräth, wo er die Eier befruchtet. Dem Männchen wächst bis zur nächsten Befruchtungs-Zeit ein neuer Arm an der Stelle des verlorenen. Der abgelöste Arm war, ehe man seine Geschichte kannte, öfters bei Weibchen gefunden und für einen parasitischen Saug-Wurm (Hectocotylus, seiner Saugwarzen halber) genommen worden.

Wir gelangen zum Kreise der Kerbthiere, wo es zur Regel wird, daß, mit wenigen Ausnahmen in den untersten Klassen, die Keimhaut den Dotter nur von einer Seite her umwachse und zwar so, daß die Dotter-Blase vom Rücken her (da das Bauchmark an der entgegengesetzten Seite liegt) in den entstehenden Körper eintrete. Zuerst lassen die Ringel-Würmer, Kruster und Myriopoden

die gemeinsame Erscheinung wahrnehmen, daß die jungen Thierchen im Ei=Zustande und manchmal auch noch später bis zur Geschlechts=Reife durch Einschaltung neuer Ringel zwischen die anfänglich vorhandenen und zwar gewöhnlich unmittelbar vor dem End=Ringel zuwachsen: eine Erscheinung, welche bei höheren Kerbthieren eher ins Gegentheil umschlägt, indem die Ringel der Raupen sich verkürzen und einen Theil ihrer Füße verlieren. Im Übrigen sehen wir bei'm Übergange von dem Kreise der Weichthiere zu dem der Entomozoen wieder, wie es in allen früher erörterten Organisations=Beziehungen bereits der Fall war, auch die Genital=Organe von einer tieferen Stufe aus beginnen als jene, die sie bei den Weichthieren bereits erreicht hatten.

An ihrer Spitze stehen die **Würmer** mit den Gregarinien anfangend, welche nebst einigen anderen noch gar keine Genitalien wahrnehmen lassen; ja sogar noch die Naiden und einige Antennaten unter den Chätopoden sollen sich nur individuell durch Selbsttheilung und knospend vermehren, so nämlich, daß im letzten Falle sich mitten im Leibe des Thieres eine Knospe bildet, welche die Abtrennung des Hintertheiles vom Vordertheile sowohl als beider von sich selbst veranlaßt, so daß auf einmal drei Individuen entstehen, von welchen

Fig. 292.



Tremoctopus, der männliche Arm abgelös't.

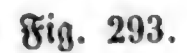
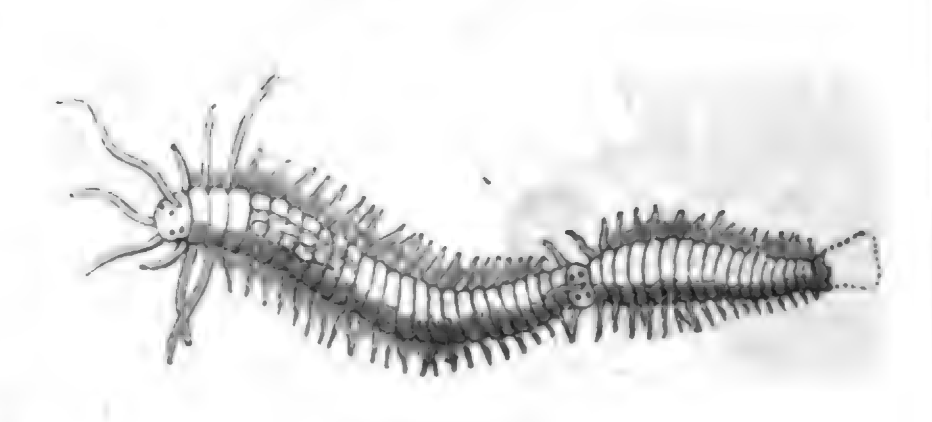


Fig. 293.



Syllis prolifera.

das vordere und hintere sich durch Schwanz und Kopf ergänzen, die Knospe aber sich wie ein Ei=geborenes Individuum entwickelt (Fig. 293). Im Übrigen kommen fast in allen größeren Familien Gruppen mit zwitterlicher Bildung und solche mit getrennten Geschlechtern, also Monöcisten und Diöcisten und sogar (wie es scheint) mitunter solche vor, welche trotz der Anwesenheit von Genitalien sich durch Konjugation vervielfältigen. Auch Generations=Wechsel fehlt

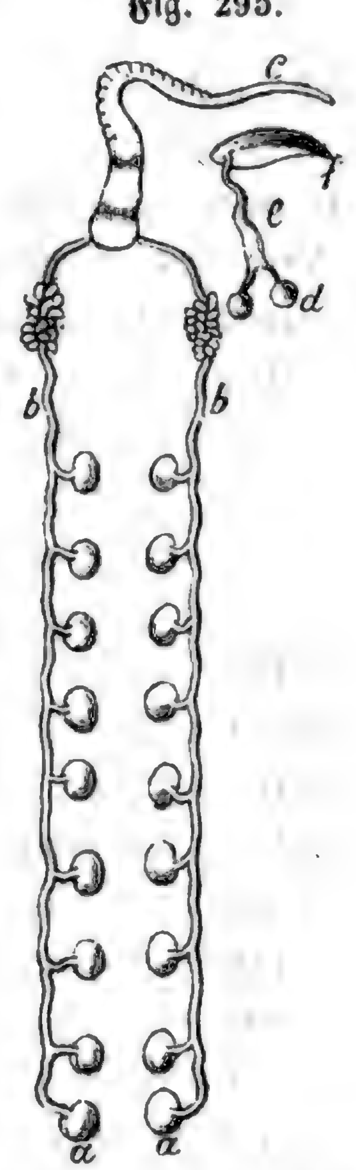
nicht. Die geschlechtliche Entwickelung der Eingeweide-Würmer hängt oft davon ab, daß sie an die dazu bestimmte Stelle in dem richtigen Wohnthiere und in dem richtigen Organe desselben gelangen können; ist Dieß nicht der Fall, so bleiben sie unausgebildet, geschlechtlos und nehmen selbst fremdartige Formen an. Überhaupt sind in keiner anderen Klasse des ganzen Thier-Reiches die Fortpflanzungs- und Entwickelungs-Verhältnisse so manchfaltig, als bei den Würmern. Die weiblichen Genitalien sind meist traubig, die Hoden dagegen kleiner, abgerundeter, ein- oder bei Blutegeln mehrpaarig (Fig. 294, 295); die Eierstöcke der Monöcisten und der

Fig. 294.



Zwitter-Genitalien eines Trematoden; a a Eileiter, b Keimstock, c Uterus, d d vasa deferentia, e einfacher Saamengang, f porus genitalis, g Saamengang zur Verbindung des weiblichen und männlichen Apparates.

Fig. 295.



Beiderlei Genitalien des Blutegels (Wechselzwitter): a a Hodenbläschen, b b vasa deferentia, c Penis, d Eierstöcke, e Eileiter, f Scheide.

Parasiten pflegen viel größer als die der Diöcisten und der Freiwürmer zu sein. An den weiblichen Genitalien sind oft der Keim- und der Dotter-bereitende Theil ganz getrennt, mitunter auch noch Saamen-Taschen vorhanden. Die Genital-Mündungen sind meistens

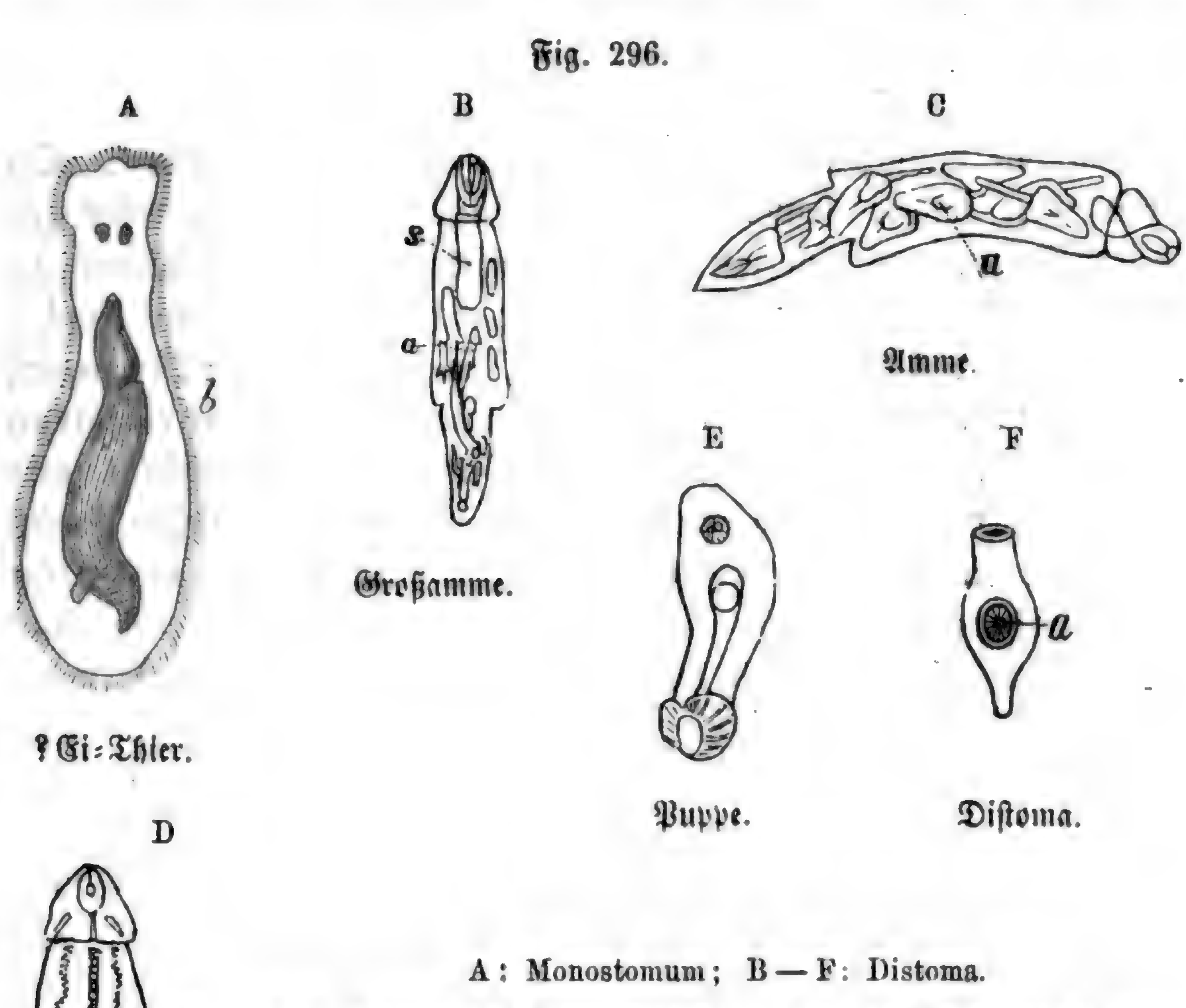
selbstständig und liegen gewöhnlich in der Mitte des Bauches. Die Zwitter haben in der Regel ein Borsten- und Rüssel-förmiges, zuweilen als „Cirrus" bezeichnetes Kopulations-Organ, womit sie sich selbst zu befruchten pflegen (Selbstzwitter), und welches den Diöcisten gewöhnlich fehlt. Doch kommen auch Wechselzwitter vor. Die meisten legen Eier und nur wenige bringen lebendige Junge. — Die Blutegel u. a. legen Coccons, welche (wie bei den Gymnobranchiern) mehre Dotter enthalten, dagegen (wie auch Exagone noch) durch die Keimhaut nur von einer Seite her allmählich umwachsen werden, während Dieß bei den übrigen Würmern noch gleichzeitig von allen Seiten geschieht. Einige durchlaufen eine lange Metamorphose oft in Verbindung mit Generations-Wechsel, andere kennen solche nicht. — Die parasitischen Gregarinien vermehren sich durch Konjugation je zweier Individuen ohne Sexual-Theile; beide bilden zusammen eine Cyste, aus welcher Brut-Zellchen hervorgehen, die man Navicellen-Behälter genannt hat.

Ebenso entsteht der an Fisch-Kiemen lebende Trematode Diplozoum aus zwei „Diporpen", die sich einander nähern, sich mit der ventralen Saugscheibe aneinander legen, ihre zwei hinteren Klammer-Organe auf 4, 6—8 entwickeln und inzwischen erst ihre gemeinsamen Genitalien ausbilden; zwischen den aneinandergelegten Saugscheiben beider Individuen entsteht eine Saamen-Zelle, in welcher neue Zellen, wie es scheint, Anfänge neuer Diporpen entstehen. In welcher Weise hierbei die Genitalien mitwirken, bleibt unermittelt. Beispiele von Generations-Wechsel geben die Band- und Saug-Würmer. Bei jenen, die im Darme Fleisch-fressender Säugethiere und Vögel leben, kann man den Mund-losen, mit Saug-Näpfen, Haken-Kranz und dergleichen versehenen Kopf als Geschlecht-loses Individuum betrachten, aus welchem der Reihe nach Hunderte und Tausende zwitterlicher Individuen in der Weise hervorsprossen und dann Genitalien bilden, daß die zuerst gekommenen die hintersten Glieder des Band-artigen Wurmes ausmachen und durch die zwischen ihnen und dem Kopfe neu entstehenden stets weiter von diesem entfernt werden; im Verhältnisse ihres Wachsthumes füllen sie sich mit Eiern, strecken sich etwas in die Länge, lösen sich ab und führen in selbstständiger Weise (als Proglotten) die reifen Eier weiter. Mit dem Kothe des Nähr-Thieres nach außen geführt, gelangen die Eier an Pflanzen oder ins Wasser und so dann weiter, jene in den Darm von Herbivoren, diese in den von Fischen; da entwickeln sich dann die Eier

zu Jungen, welche am Vorderende mit sechs scharfen Organen versehen sich durch die Darm-Wand hindurch bohren, sich in irgend einem Gewebe des Körpers festsetzen, mit einer derben Hülle oder Cyste umgeben und, indem sie den Bandwurm-ähnlichen Kopf (S. 72, Fig. 48) mit Saug-Gruben und Haken-Kranz entwickeln und zuletzt die mit ihnen verwachsene Cyste umstülpen, sich in einen noch Geschlecht-losen Scolex verwandeln, zuweilen aber auch am Ende einer großen mit Wasser erfüllten Blase als Cysticercus erscheinen. Oft sitzen viele solcher Scolex in einer großen Blase in der Leber von Wiederkäuern und anderen Thieren beisammen als Echinococcus. Gelangt das Bandwurm-Ei oder der daraus entstandene Scolex zufällig in das Gehirn des Schaafes, so entsteht der Drehwurm, Coenurus, daraus. Alle diese Blasenwürmer oder Scolex-Formen nun werfen, sobald ihr Nähr-Thier die Beute eines Raubthieres wird und sie in dessen Darm-Kanal gelangen, vom Verdauungs-Proceß unberührt die Blase ab und fangen an, Genitalien-führende Glieder oder Individuen aus ihrem Hinterleibe zu entwickeln, welche eines am andern hängend nach ihrer Selbstbefruchtung und Ei-Bildung wieder zu Proglotten werden. — Noch komplizirter ist der Generations-Wechsel der Trematoden, unter welchen wir Distoma als Beispiel hervorheben. Sie erscheinen nach dem Austritte aus dem Eie zuerst als flimmernde und im Wasser bewegte, der Fig. 296 A (Monostomum) ziemlich ähnliche Junge, die sich bald in die von Steenstrup sogenannten Großammen (Fig. 296 B) umwandeln, welche träge, Spindel-förmig, oft mit zwei seitlichen Vorsprüngen, mit Mund und Verdauungs-Höhle versehen, Geschlecht-los sind, doch eine ihnen ähnliche Brut im Innern entwickeln, während sie parasitisch in Süßwasser-Schnecken leben. Dieß sind dann die Ammen, Sporocysten (Fig. 296 C), mit in dem Maaße kleiner werdender Verdauungs-Höhle, als sich im Innern die neue ihnen unähnliche Brut ausbildet, welche endlich als dritte ungeschlechtlich entwickelte Generation austretend, noch eine mehrfache Metamorphose durchläuft, ehe sie als Distoma Geschlecht-reif wird. Diese erscheint, schon in der Amme kenntlich, als a) Cercaria (Fig. 296 D), frei im Wasser beweglich mit langem Schwimmschwanze, einem vorderen Mund? und einem Saug-Napfe mitten am Bauche; dann b) als Puppe in Süßwasser-Schnecken (Fig. 296 E), durch Schleim-Aussonderungen mit einer häutigen Cyste umgeben, darin Bogen-förmig eingerollt, ohne Schwanz, vorn mit einem Haken-Kranze; endlich c) als Geschlecht-

reifes Distoma (Fig. 296 F), auch noch in Schnecken sich aufhaltend, aber in dem Maaße, als es sich tiefer ins Innere derselben zurückzieht, den Haken=Kranz verlierend; Bauchscheibe deutlich; Mund und Darm=Kanal? entwickelt, aber kein After. — Die übrigen im

Fig. 296.



A: Monostomum; B — F: Distoma.

B-D: Geschlechtlose Generationen:
a, b Junge Thiere im Innern.
s Verdauungs=Höhle.

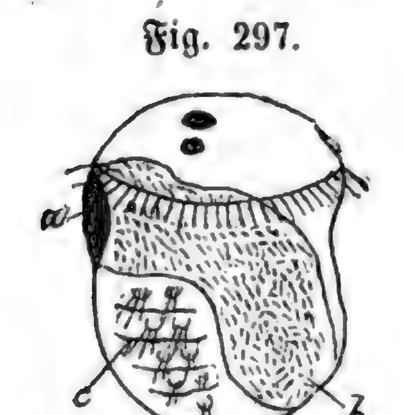
D — F: Metamorphosen:
a Bauchscheibe,
e Darm?

Detail noch manchfachen, aber im Ganzen den schon angeführten Kategorie'n sich anschließenden Generations=Verhältnisse wollen wir nicht weiter verfolgen und nur anführen, daß manche Ringelwürmer ihre Eier in der Leibes=Höhle entwickeln, und daß bei vielen die Jungen als ovale Massen erscheinen, welche ganz mit einem Flimmer=Epithelium überzogen oder mit mehren Wimper=Kreisen umgeben und nur in wenige Glieder abgetheilt aus dem Eie treten und umherschwimmen (Fig. 297, 298). Ihre weitere Entwickelung besteht dann darin, daß sie diese Wimper=Kränze verlieren, die zuweilen anfänglich vorhandenen Ruder=

Organe durch die Fuß-Höcker ersetzen, welche in anderen Fällen sogleich zum Vorschein kommen, daß manche von ihnen erst spät Kiemen erhalten, die ihnen noch fehlenden Ringel einen nach dem andern unmittelbar vor dem End-Ringel des Körpers allmählich einschalten und so bis zu ihrer Normal-Größe wachsen.

Bei den Krustern gestalten sich die Generations-Verhältnisse bestimmter und höher. Die Genitalien sind einfach oder doppelt, mit einfacher oder meist doppelter Mündung hinten an der Brust. Mit Ausnahme der festgewachsenen selbst-zwitterlichen Cirripeden sind sie alle getrennten Geschlechtes, aber in den untersten Gruppen, bei den ebenfalls zum Theil festsitzenden Rotatorien und parasitischen Lernäen sind die Männchen so klein und fremd-förmig unvollkommen gegen die Weibchen, daß sie fast nur als selbstständige Spermatoidien-Säcke zu betrachten sind, die mitunter zu mehren beisammen wie Parasiten auf den Weibchen leben und, während diese festgewachsen sind, sich frei auf ihnen bewegen (Fig. 299). Aber auch bei den

Fig. 297.

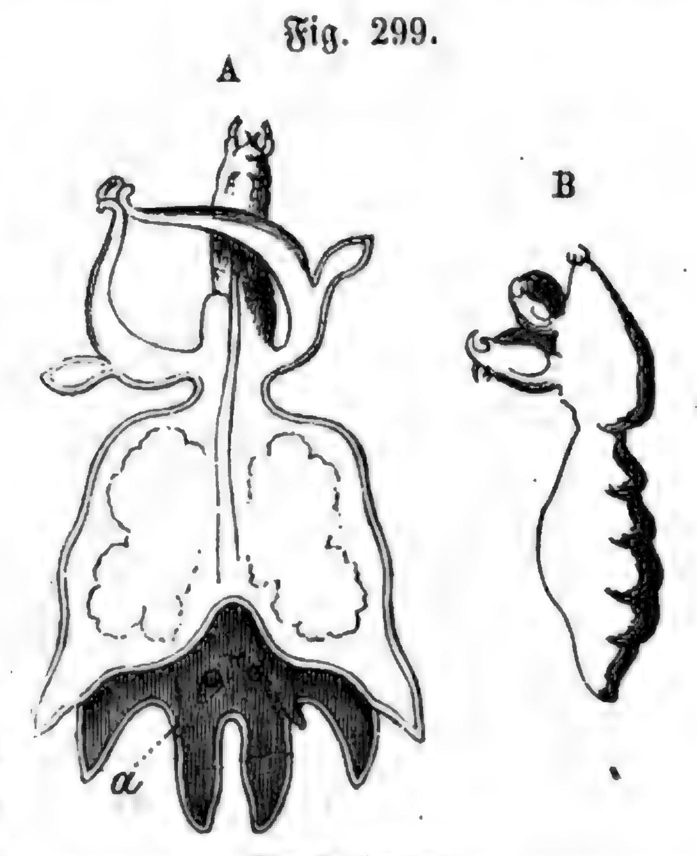


Junge Nereis, mit vorderem Wimpern-Kranz und a Mund, b After, c Ringel mit Borstenhöckern.

Fig. 298.

Junge Polynoe.

Fig. 299.



Tracheliastes: A Weibchen mit 2 verwachsenen Haftfüßen, die übrigen verkümmert, und bei a die Männchen tragend; B Männchen.

Räder-Thieren kehrt der Generations-Wechsel wieder. Geschlecht-lose Ammen legen das ganze Jahr hindurch Eier, aus welchen ihnen ähnliche Formen hervorgehen und wieder unbefruchtete Eier legen (Sommer-Eier, Keime), bis im Herbste und Frühling den Ammen äußerlich ganz gleiche Weibchen aus diesen Keimen hervorkommen, welche der Befruchtung bedürfen, um dann Winter- oder Dauer-Eier zu legen; diese Befruchtung wird durch die kleinen Männchen bewirkt, welche

gleichzeitig mit ihnen aus kleineren Keimen — anderer Ammen — hervorkommen. — Bei den höheren Krebsen verliert sich dieser äußere Geschlechts-Unterschied. Ein Theil insbesondere der höheren Kruster hat eigene Kopulations-Organe. Die Eier werden noch in der Mutter befruchtet, welche zuweilen Saamen-Taschen besitzt, von wo aus die zuvor darin aufgenommenen Spermatoidien auf die Eier wirken, während sie gelegt werden. Das Weibchen trägt dieselben nach dem Legen gewöhnlich bis zu ihrer Entwickelung äußerlich mit sich herum: die einzige Sorge, welche die Mutter für sie hat. Sie hängen dann frei, an der Brust, unter dem Schwanze, oder in zwei Säckchen (Fig. 300, 301) an den Seiten des Abdomens, oder liegen unter dem Brustschilde. Die Rotatorien sind als die niedrigsten auch die einzigen Kruster, deren Dotter noch vollständig von der Keim-Haut umwachsen und von Flimmerhaaren bedeckt wird. Bei den übrigen beginnt die Entwickelung des Embryo's von einem Theile aus, und der Dotter tritt selten vom Bauche aus, fast immer vom Rücken her in denselben ein, nachdem die äußere Abgliederung schon weit gediehen ist. Die aus dem Eie schlüpfenden Kruster sind entweder der Mutter sehr unähnlich und müssen eine ganze Metamorphose bestehen, wie die Cirripeden (S. 255, Fig. 215; Fig. 302) und viele Entomostraca, wobei aber, wenn diese Thiere fest wachsen, manche schon vorhandene und nun überflüssig werdende Theile wieder verkümmern und verschwinden können. Bald haben sie nur einzelne Glieder in auffälliger Weise noch nachträglich zu entwickeln und umzuwandeln, wobei es Regel ist, daß vorzugsweise die vordersten, die Kopf- und Brust-Gliedmaßen, zuerst vorhanden sind und oft als erste einstweilige Bewegungs-Organe dienen, obwohl der Mund auch wohl eine Zeit lang noch fehlen kann. Es ist dann merkwürdig wahrzunehmen, wie die Brut der in reifem Alter so verschieden aussehenden Entomostraceen und selbst Cirripeden

Fig 300.

Dichelostium mit 2 Faden-förmigen Eier-Säcken.

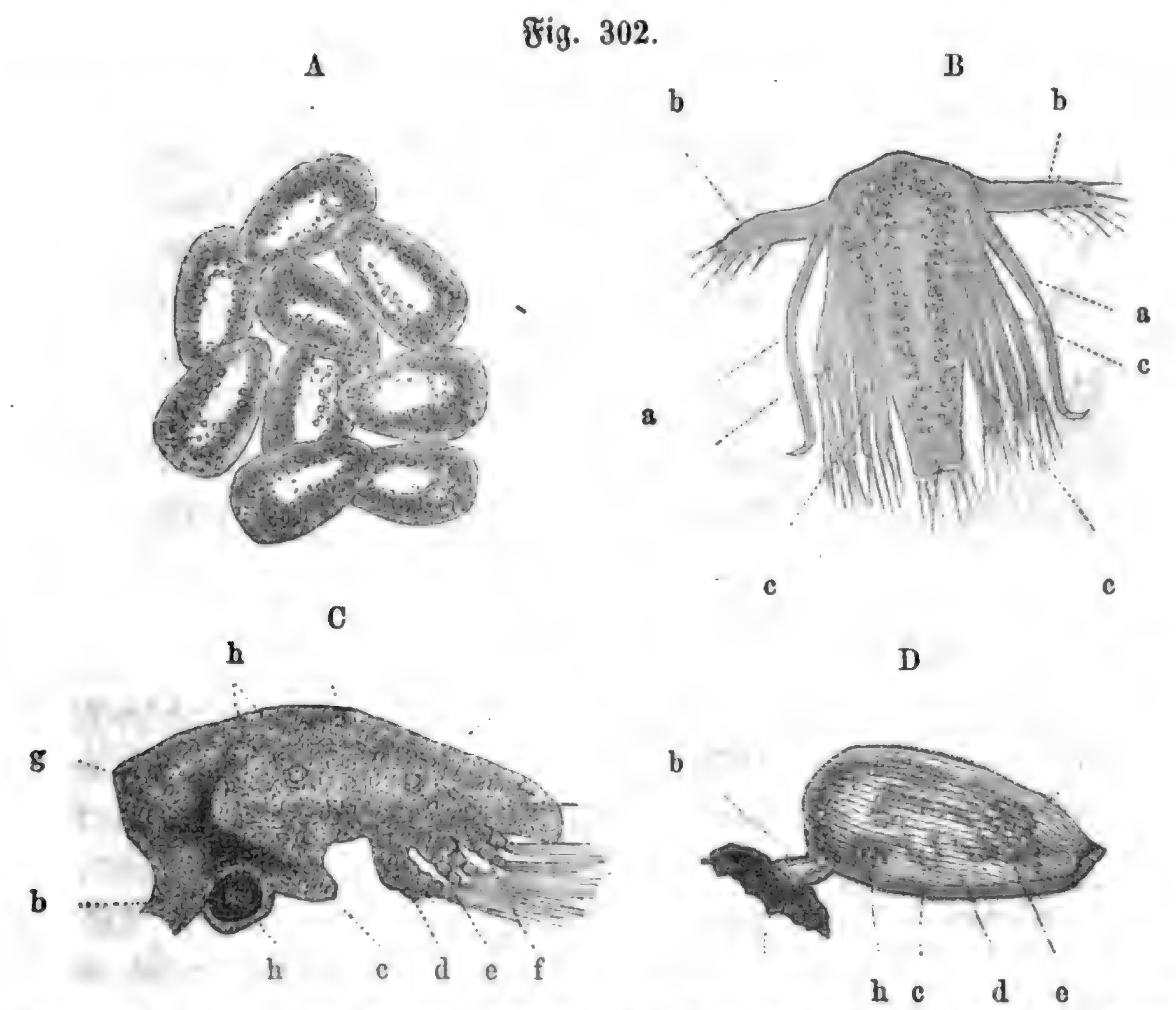
Fig. 301.



Cyclops mit 2 Eier-Säcken.

sich anfangs gewöhnlich sehr ähnlich erscheint, und wie die Brut der höheren Malacostraca durch noch sitzende Augen, drei Paar Schwimm- ohne alle Geh-Füße und durch andere Merkmale manchen reifen Formen der Entomostraca so ähnlich ist, daß man sie längere

Fig. 302.

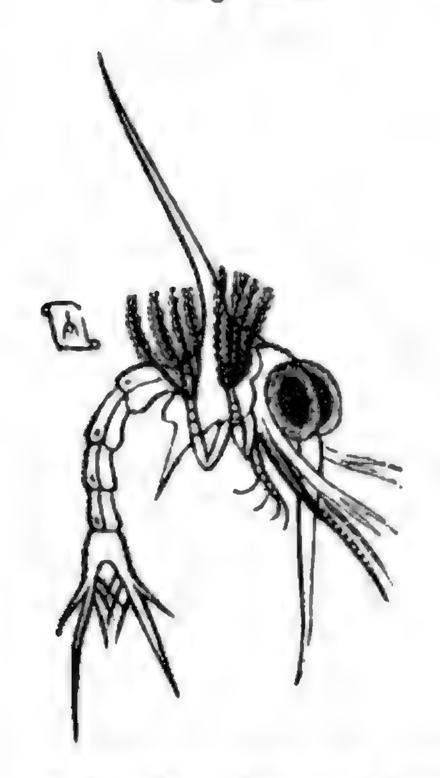


Lepas: A Eier. — B Junges daraus mit 1 Paar Fühler (a), die sich in ein erstes Paar Mund-Anhänge verwandeln; mit einem einfachen (b) und zwei doppelten Paaren (cc) von Füßen, von welchen jenes in den Haft-Apparat, diese in zwei Kiefer-Paare übergehen; Eierstock (g). — C Spätere Bildung mit dem Haft-Apparat (b), dem Auge (h), dem Mund (c), drei Paar Doppelfüßen (d e f). — D Noch späterer Zustand, von dem noch häutigen Mantel umhüllt, der Fuß oder Haft-Apparat vortretend, die übrigen Theile durchscheinend. Später verschwindet das Auge und der Mantel verkalkt.

Zeit für besondere Sippen der letzten gehalten hat (Cuma, Nebalia etc., Fig. 303, S. 310), obwohl sie sich doch durch starke Stirnfortsätze, Rücken-Dorn und dergleichen auszuzeichnen pflegen. Bald endlich sind nur noch 1—3 Körper-Ringel zwischen den bereits vorhandenen einzuschalten oder ein Paar Füße nachzubringen. Diese Umwandelungen erfolgen nach Maaßgabe und gelegentlich der successiven Häutungen, welche von Zeit zu Zeit nöthig sind, so oft dem Thiere seine starre Kalk-Haut zu enge wird, und welche auch später gewöhnlich in jährigen Perioden wiederholt werden.

Die Generations-Verhältnisse der **Myriopoden** beruhen, so weit man sie kennt, auf regelmäßiger Begattung, sind aber so verschieden-artig, daß sie bei einem Theile derselben mehr denen der Kruster, bei einem anderen eben so sehr denen der Hexapoden sich nähern, aber in abweichenden Kombinationen. Die Skolopendrinen nämlich haben einzählige mittelständige Genitalien ohne Kopulations-Werkzeug, welche bei'm Männchen mit Saamen-Bläschen und bei'm Weibchen mit Saamen-Hälter verbunden sind und ganz hinten einfach ausmünden. Bei den Julinen finden sich zwei Reihen mit einander kommunizirender Hoden und zwei mit einander verbundene Eierstöcke, selten mit einer Saamen-Tasche, mit doppelter Ausmündung und einfachem Kopulations-Werkzeug hinter der Brust wie bei den Krustern gelegen. Aber ein Vorgang, der noch nicht aufgehellt ist, besteht darin, daß ein Theil dieser Thiere in ihren unterirdischen Gängen kleine Saamen-Bläschen an ausgespannte Fäden aufhängen. Die aus dem Eie kommenden Jungen zeigen Kopf und nur wenige Körper-Ringel, deren Anzahl sich bei jeder späteren Häutung durch Einschaltung von Gruppen neuer Ringel vor dem End-Ringel vermehrt, bis die Thiere ausgewachsen und Geschlechts-reif sind. Diese Zahlen sind bei den Skolopendern veränderlich; bei Julinen sind anfangs 3 Ringel mit je einem Fuß-Paare (ein kleines Fuß-los bleibendes Glied vor dem dritten an der Stelle der späteren Genitalien nicht gerechnet), 2 vollständige aber Fuß-lose und 6 unvollständige und Fuß-lose Ringel vorhanden; später zeigen jene zwei ersten Ringel je 2 vollständige, die andern aber 6 unvollständige Doppelpaare von Füßen, und 6 neue Ringel kommen hinzu; dann vervollständigen sich jene Füße, die letzten 6 Ringel bekommen Ansätze zu solchen und 6 neue Ringel treten auf u. s. w., bis die Zahl voll ist. Auch die Zahl der Augen-Punkte und selbst der Fühler-Glieder wächst mit der Zeit.

Fig. 303.



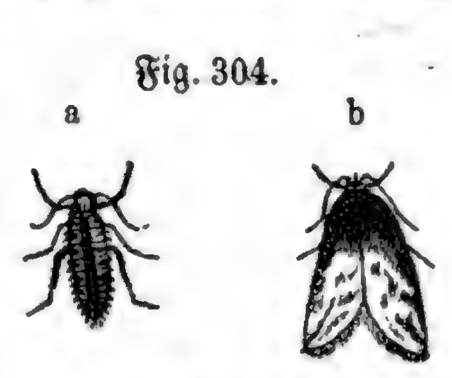
Dekapode, eben aus dem Ei kommend (der spätere Verwandlungs-Gang unbekannt).

Die **Arachnoideen** beginnen ihre Fortpflanzung in einigen sehr unvollkommenen kleinen Gruppen wieder auf einer tieferen Stufe

der Ausbildung. Die meist parasitischen Pyknogoniden nämlich sind Zwitter mit einem Ovarium und zwei Hoden; sie gehen ungegliedert mit Fühlern und 2 Fuß-Paaren aus dem Eie und verwandeln sich allmählich. Alle übrigen scheinen getrennten Geschlechtes mit doppelten Eistöcken und doppelten Hoden zu sein, deren Ausmündungen am Anfange des Bauches liegen und bei den meistens kleineren und schlankeren Männchen gewöhnlich noch von abweichend gebildeten Tastern zur Übertragung des Saamens, selten von einem wirklichen Kopulations-Organe oder einer Ruthe, bei den Weibchen oft von gewundenen oder verästelten Gängen und Schläuchen zur vollständigeren Ausbildung der Eier und mitunter von Saamen-Taschen begleitet sind. Die Paarung ist gewöhnlich ein sehr lebhafter Akt. Bei Entwickelung der Eier wird der am Rücken liegende Dotter von der Keim-Schicht allmählich umwachsen, an welcher Kopf- und Brust-Theile zuerst zum Vorschein kommen und das Abdomen wie ein Auswuchs erscheint. Die Jungen gleichen der Mutter außer in der Größe schon vollkommen; nur in einigen tiefer stehenden Athem-losen Gruppen (den schon erwähnten Pyknogoniden, dem Makrogaster und einigen Milben) müssen 2 oder 1 Paar hinterster Füße sich noch nachträglich bilden, was bei den übrigens oft wiederkehrenden Häutungen geschieht.

Bei den Hexapoden endlich haben, wie die übrigen Organisations-Verhältnisse so auch die auf die Fortpflanzung bezüglichen einen sehr festen und gleichmäßigen Charakter angenommen. Männchen und Weibchen sind oft schon äußerlich verschieden (Fig. 304). Stets ist ein unmittelbares Kopulations-Organ vorhanden, und die Begattung dauert gewöhnlich längere Zeit. Die Genitalien sind wenigstens beim Beginne ihrer Bildung immer doppelt, die Hoden später oft vereinigt, die Eierstöcke oft Dolden-artig verästelt, stets mit einer Saamen-Tasche und meist auch mit 1—2 anderen Drüsen verbunden, welche theils das Sperma verdünnen und theils die Eier in dem Maaße, als sie beim Vorübergleiten von der Saamen-Tasche aus befruchtet und gelegt werden, mit schützendem und verkittendem Überzuge versehen (Fig. 305, 306), womit indessen die (wenn auch unwillkührliche) Mutter-Sorge nicht immer beendet ist. Die Ausmündung der Genitalien ist einzählig

Fig. 304.



Geometra vernalis.
a Weibchen. b Männchen.

am Ende des Abdomen gelegen, bei den Weibchen jedoch in Befruchtungs- und in Lege-Öffnung unterschieden, diese letzte öfters in eine 2—4klappige (Fig. 307) oder eine gegliederte Legeröhre en-

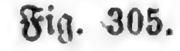
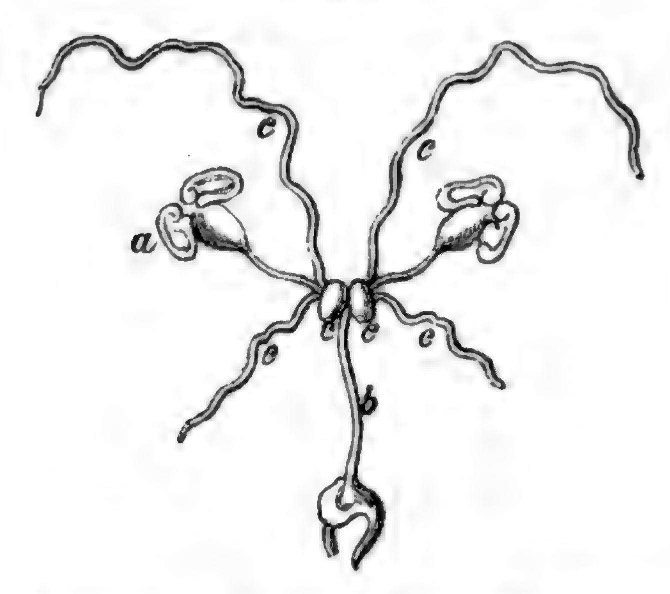
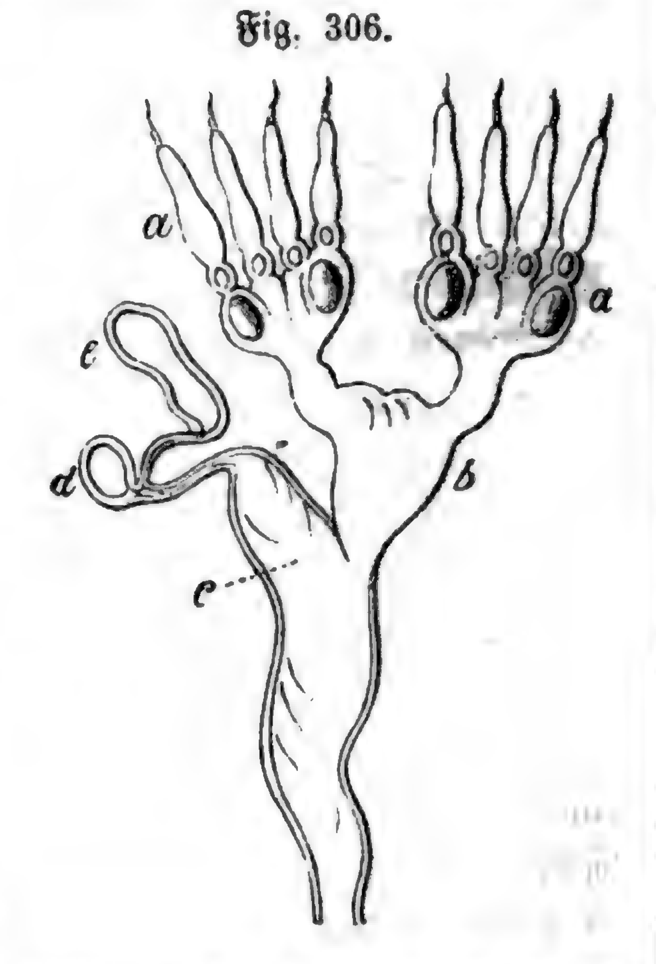


Fig. 305.



Anthribus latirostris: männliche Theile; a a Hoden, b gemeinsamer Saamen-Gang, c c Anhangs-Drüsen.

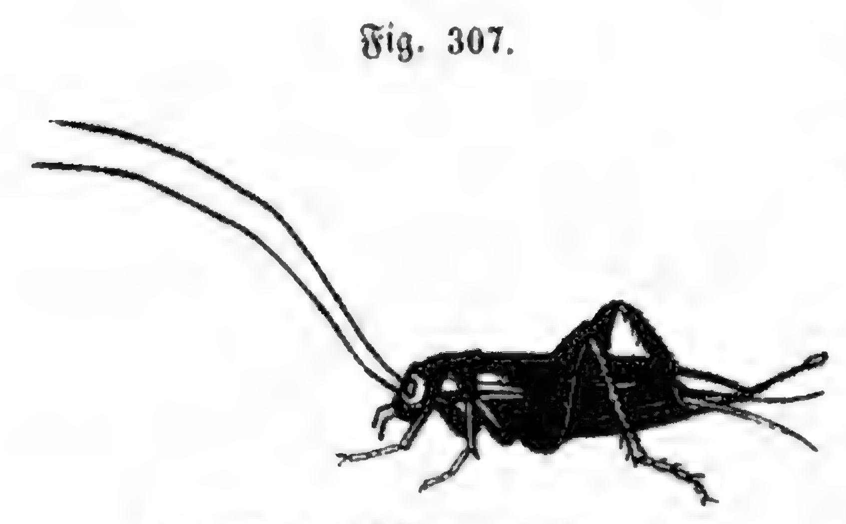
Fig. 306.



Platysoma frontale: weibl. Genitalien.

Fig. 306: a a Eierstöcke, b gemeinsamer Eileiter, c Vagina, d Saamen-Tasche, e Anhangs-Drüse.

Fig. 307.

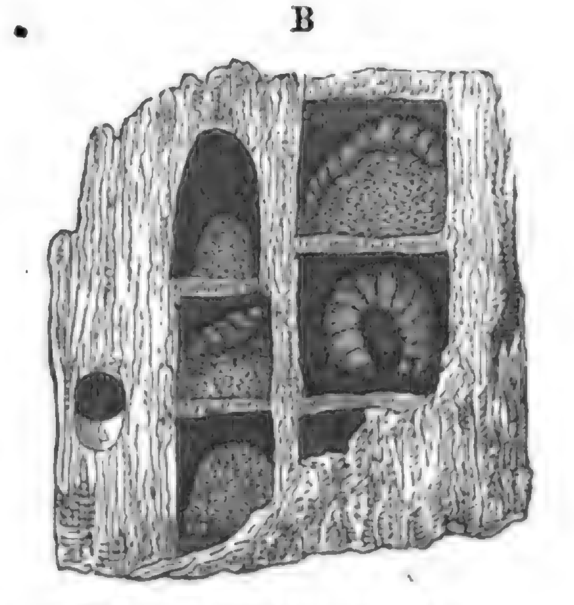


Acheta: mit 2klappiger Legeröhre.

digend. Sie legen die Eier gewöhnlich sorgsam an solche Stellen, wo sie Schutz und Fortkommen finden, bald unmittelbar an oder in ihre Nähr-Thiere und -Pflanzen; bald bauen sie sich (und diese Erscheinung sehen wir hier zum ersten Male) bleibende Wohnungen und Nester zu Aufzucht ihrer Nachkommenschaft (Fig. 308, 309) und sorgen sogar (die Ameisen und Bienen) fortdauernd für die Pflege der Eier und die Aufzucht und Fütterung der Brut. Dennoch ist hierbei das eheliche Leben noch gänzlich unterdrückt. In anderen Fällen vermögen die Jungen, so wie sie aus dem Eie kommen, sich sogleich selbst eine Wohnstätte zu bereiten (Blattwickeler und dergl.). Die

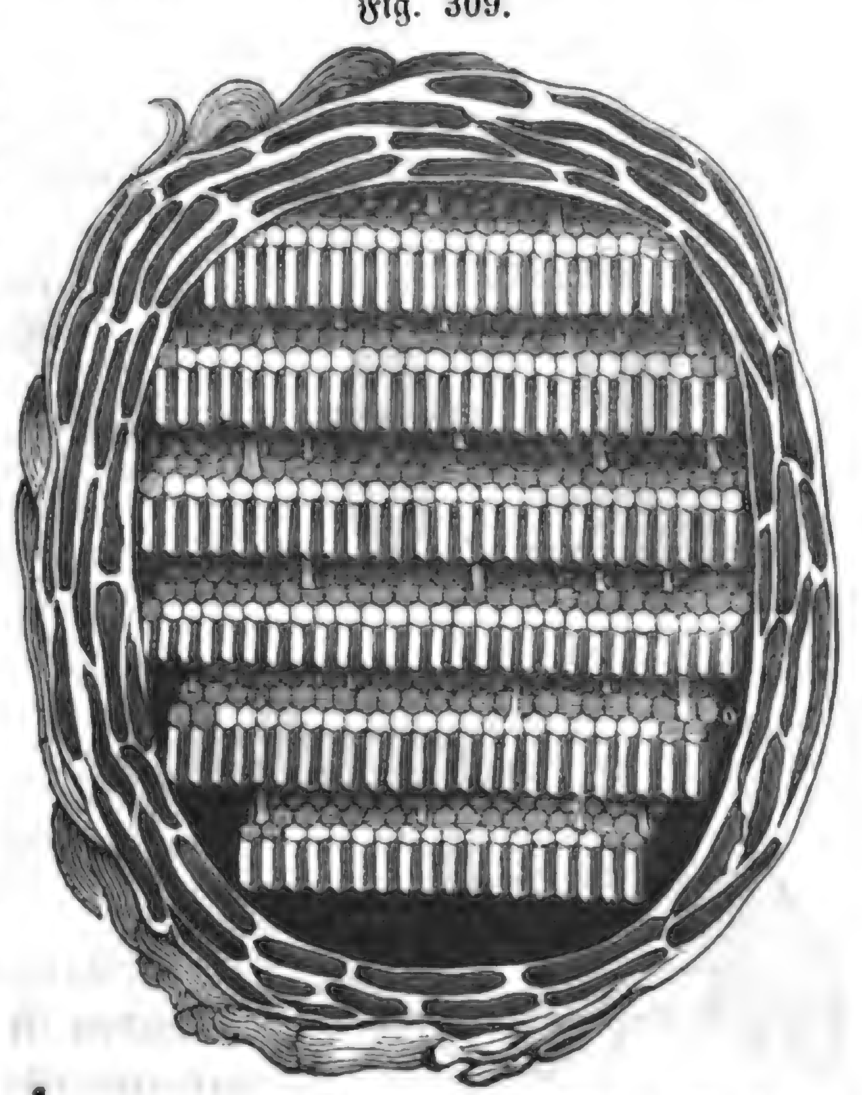
Entwickelung der jungen Herapoden aus dem Eie, welche mit Dotter-Furchung beginnt, ist anfänglich im Wesentlichen wie bei den Arachnoideen; aber nur selten bringen dieselben schon die reife Form mit

A Fig. 308. B



A Xylocopa violacea; B Nest von Xylocopa in Holz ausgehöhlt für ihre Eier-Brut.

Fig. 309.

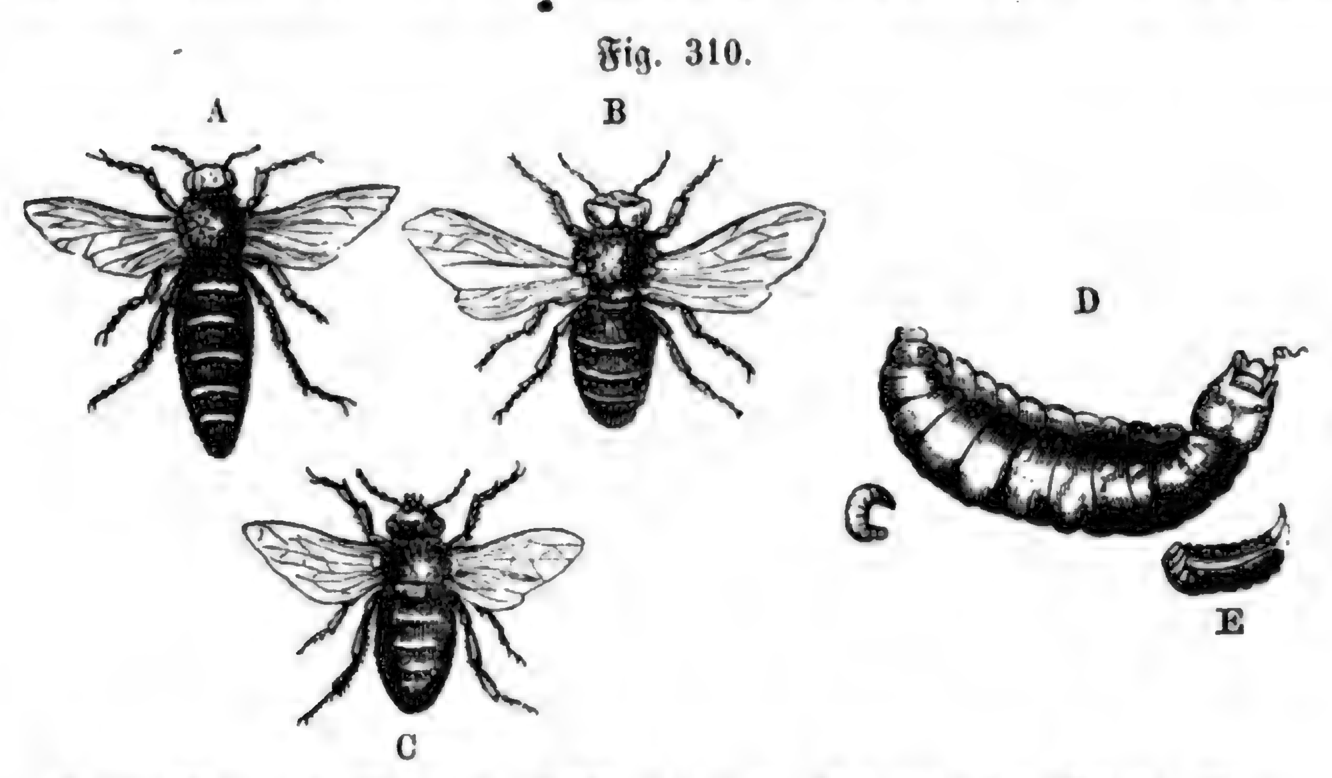


Vespa-Nest zur Pflege und Fütterung von Eiern und Brut.

und verwandeln sich nicht mehr (Ametabola); sehr oft fehlen ihnen anfangs außer den Genitalien wenigstens die Flügel, welche bei einer zweiten Häutung (bewegter Puppen-Zustand) erst als Rudimente und bei einer dritten erst in vollständiger Größe und Form sich entfalten (Hemimetabola). — Gewöhnlich aber kommen die Jungen als Fuß-lose Maden (Fig. 310, 311, 312, S. 314), oft mit sechs Beinen unter der Brust (S. 107, Fig. 65, Fig. 313, S. 314), oder als vielfüßige langstreckige Raupen von sehr abweichendem Ansehen, alle jedoch ohne Flügel und Fühler zum Vorschein, gehen dann an einem

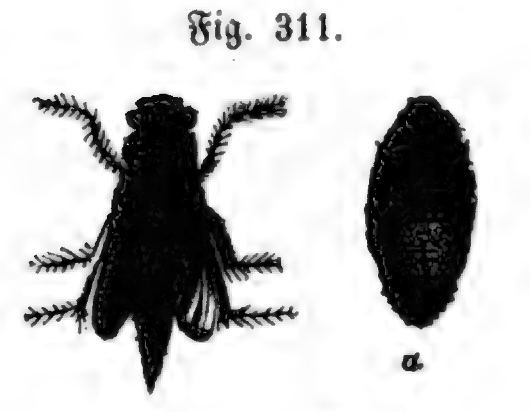
gesicherten Orte in einen ruhenden Puppen=Zustand ohne vollkommene Flügel, ohne Füße und Mund über, aus welchem sie zuletzt mit 2—4 Flügeln, 6 Füßen, 2 Fühlern und manchfaltig gestaltetem Munde hervorschlüpfen (Holometabola), welcher letzte dabei oft aus

Fig. 310.



Honig=Biene: A Weibchen, B Männchen, C Geschlecht=lose Arbeits=Biene, D Made, E Puppe.

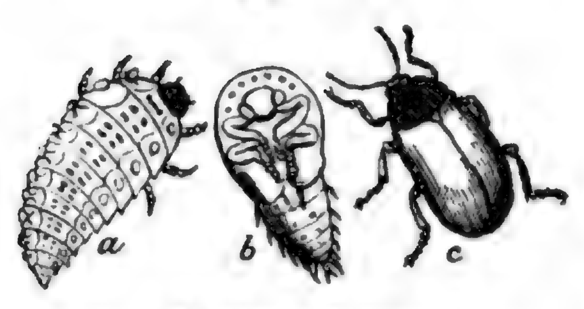
Fig. 311.



Oestrus mit Made.



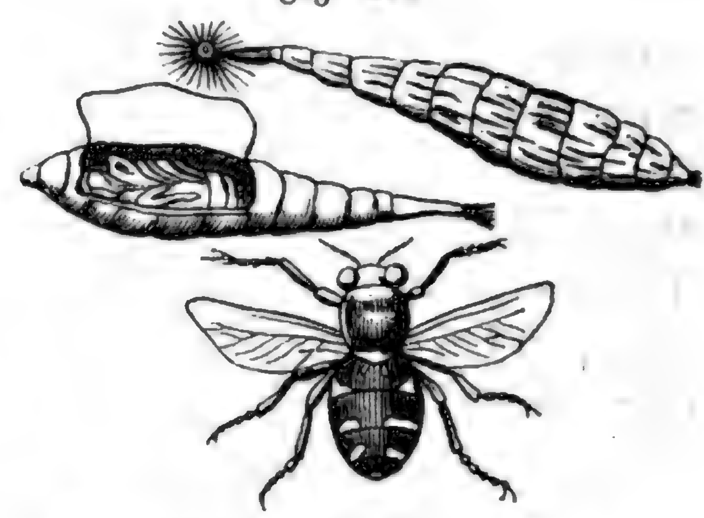
Fig. 313.



Chrysomela populi:
a Larve, b Puppe, c Imago.



Fig. 312.



Stratiomys chamaeleon mit Made und Puppe.

einem Kau= zu einem Saug=Munde geworden ist oder sonst wesentlich umgestaltet (Fig. 315) erscheint. Als ausnahmsweise und daher zur Charakteristik der ganzen 60,000 Arten zählenden Hexapoden=Klasse nur wenig beitragende Erscheinungen sind anzuführen: a) die Aphidier unter den Hemipteren, bei welchen

in Folge von Generations-Wechsel (dem letzten bekannten Falle in der aufsteigenden Thier-Reihe) aus regelmäßiger, im Herbste erfolgter Begattung zwischen geflügelten geschlechtlichen Individuen Eier und aus diesen vom nächsten Frühlinge an 5—6 successive Generationen

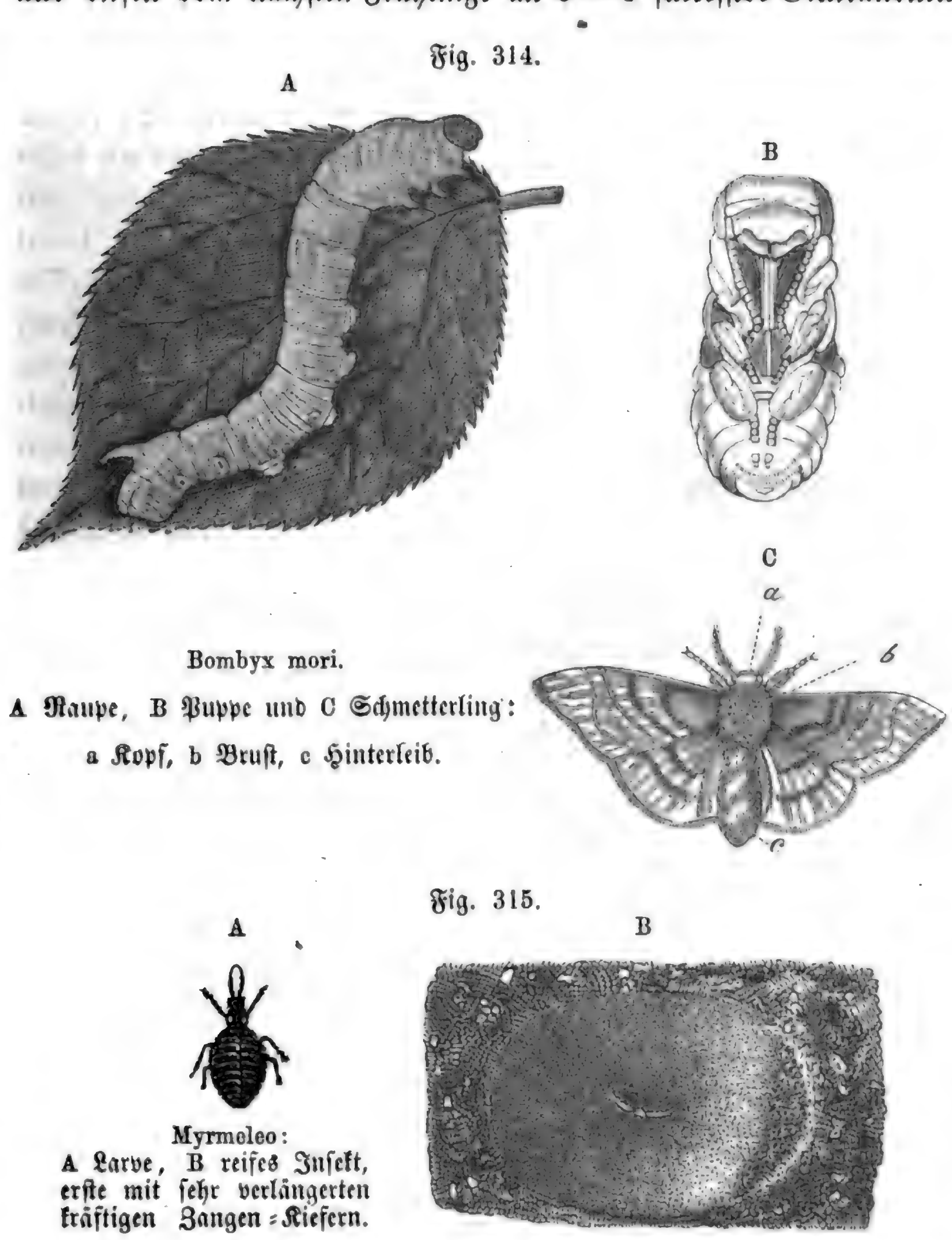


Fig. 314.

Bombyx mori.
A Raupe, B Puppe und C Schmetterling: a Kopf, b Brust, c Hinterleib.

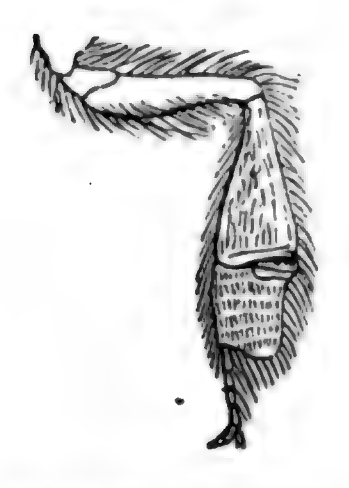
Fig. 315.

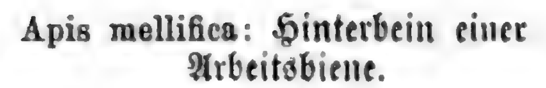
Myrmeleo: A Larve, B reifes Insekt, erste mit sehr verlängerten kräftigen Zangen-Kiefern.

ungeflügelter, den Stamm-Ältern äußerlich ähnlicher, doch der Eierstöcke, Hoden, Saamen-Taschen und Kopulations-Öffnungen entbehrender Individuen entspringen, die erst im Sommer und Herbste wieder vollkommen ausgebildete Insekten liefern. b) Die meisten

Haus-bauenden Insekten zählen auch Geschlecht-lose Individuen neben den geschlechtlichen und mit diesen von gleichen Ältern entsprossen, aber auch äußerlich verschieden gebildet und zu abweichenden Funktionen des gemeinsamen Haushaltes und insbesondere zur Erziehung der Jungen bestimmt, welche nach dem Ausschlüpfen aus dem Eie sich ausnahmsweise in einem so unvollkommenen hülflosen Zustande befinden, daß sie sich nicht selbst zu ernähren vermögen. So ist die Königin der Bienen nur ein in der besonderen Königs-Zelle mit besserem Futter genährtes und dann einmal für die ganze Lebens-Zeit mittelst der Saamen-Tasche befruchtetes Weibchen, welches sofort allein alle Eier für einen ganzen Stock oder Haushalt legt. Die zweierlei Arbeits-Bienen, nur zum Bau des Gehäuses, zur Pflege und Wartung der Tausende von Eiern, zur Fütterung der Jungen, zur Einbringung von Wachs und Honig bestimmt, sind Geschlecht-los und nicht nur in Form, Größe, Zunge-, Auge- und Fühler-Bildung verschieden, sondern auch zum Theil noch mit abweichenden Schienen der Hinterbeine versehen (Fig. 310, 316), woran sie Wachs und Pollen eintragen; diese Schienen sind breiter, länger, haariger und runzeliger als bei anderen. Auch die Ameisen haben Geschlecht-lose und abweichend gestaltete Arbeiter für ähnliche Zwecke wie die vorigen, aber viele Weibchen (Fig. 317). Bei den Termiten endlich unter den Neuropteren (Fig. 318) kommen zweierlei Geschlecht-lose Formen

Fig. 316.





Apis mellifica: Hinterbein einer Arbeitsbiene.

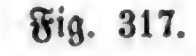


Fig. 317.

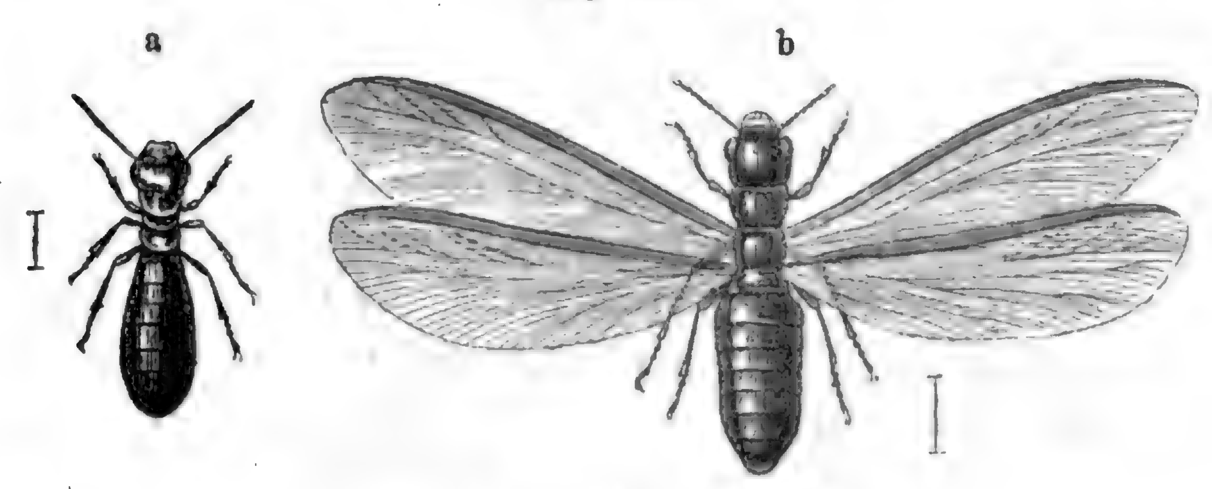


Formica rufa.

vor. Die Termiten und Ameisen verlieren ihre Flügel bald, da sie ihnen unnütz und in den engen Gängen ihrer Wohnungen hinderlich sein würden. c) Die Entstehung ausgebildeter geschlechtlicher Individuen durch ausgebildete aber nicht befruchtete Weibchen. Bei

der Motten-Sippe Solenobia sah v. Siebold nur vollkommene Weibchen aus Eiern vollkommen ausgebildeter Weibchen, denen kein Männchen genaht war, hervorgehen. Bei der Honigbiene dagegen entstehen männliche Individuen aus solchen Eiern, deren Befruchtung das Weibchen, die Königin, durch Schließung der Saamen-Tasche während des Legens hindert, oder welche wegen Erschöpfung

Fig. 318.



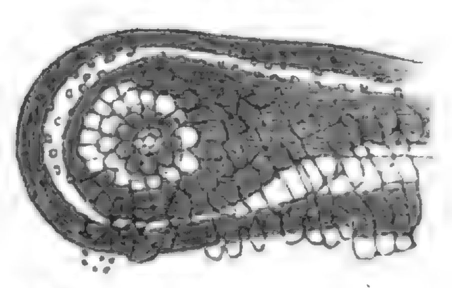
Termes lucifugus:
a Larve, b reif, c Geschlecht-los.

c

dieser Tasche unbefruchtet geblieben. Alle diese Vorgänge, soferne sie von denen der Weich- und unvollkommneren Kerb-Thiere abweichen, deuten auf bessere Sorge für die Eier und Jungen hin.

Wir wenden uns zum Kreise der Wirbelthiere. Hier beginnt die Bildung des Keimblattes über der Dotter-Blase, so daß es dieselbe vom Rücken aus umwächst und die Dotter-Blase zuletzt durch den Nabel mit dem von ihr aus ernährten Thiere zusammenhängt. Die Wirbelsäule ist ohne Ausnahme der erste Theil des Fötus, der sich zu bilden beginnt. Anfangs besteht (Fig. 319) der Fötus selbst noch der Wirbelthiere nur aus gleichartigen Zellen, aus welchen sich durch Differenzirung die manchfaltigsten Gewebe ausbilden, die wir an dem reifen Wirbelthiere sehen, so daß, indem man diesen differenzirenden Entwickelungs-Gang der Gewebe verfolgt, man ganz denselben Prozeß im Individuum sich wiederholen sieht, wie wir ihn bisher im aufsteigenden Thier-Systeme verfolgt haben.

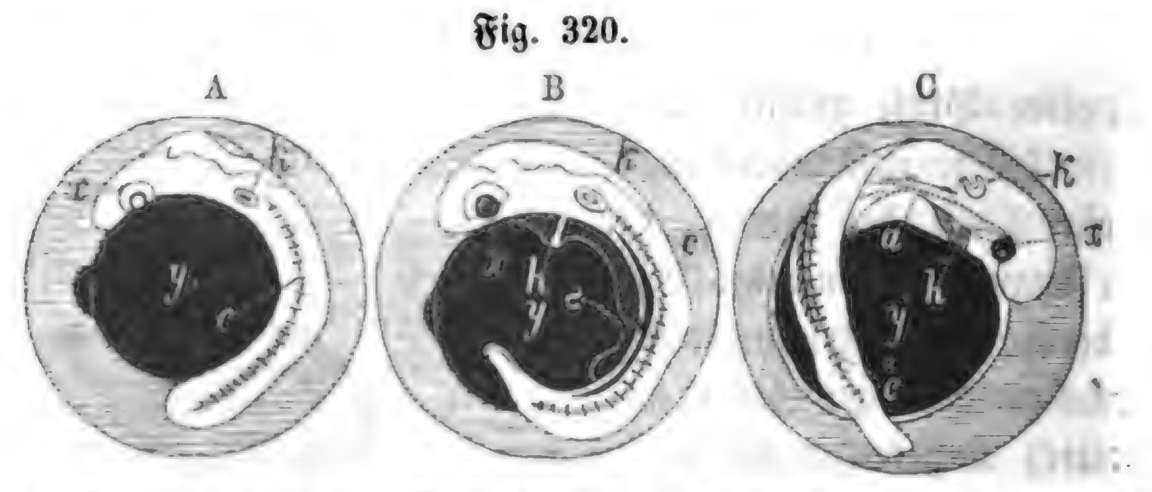
Fig. 319.



Kopf eines Lachs-Fötus.

Muskeln, Knorpel, Knochen, Haut, Gefäße, Nerven, Gehirn: Alles ist anfangs ein einförmiges zelliges Gewebe mit nur unbedeutenden Verschiedenheiten, wie denn am Kopfe des Lachses, so lange er im Eie ist (Fig. 319), nur die Zellen im Umkreise des Auges etwas größer sind. — Bei allen Wirbelthieren sind die Geschlechter getrennt und, einige Fälle einseitiger Verkümmerung ausgenommen, beiderlei Genitalien doppelt, jedoch mit einem einfachen Ausführungs-Gange (bei einigen Fischen unter, sonst allezeit) hinter der Eingeweide-Höhle oder dem Bauche gelegen und oft mit der After- oder Harn-Öffnung, selten mit beiden vereinigt. — Die Beschaffenheit der Generation und der Generations-Organe der Fische bestätigt es abermals, wie allgemein das Gesetz seie, daß in jedem höheren Unterreiche die Funktionen wieder auf einer tieferen Stufe beginnen, als diejenige ist, zu welcher sie sich in dem vorhergehenden emporgeschwungen hatten. Die Fische haben kein Kopulations-Organ, meist nicht einmal Eileiter; ja sie kennen größtentheils weder Begattung noch Sorge für ihre Nachkommenschaft. Bei den meisten fallen die reifen Eier aus dem Darm-förmigen Eierstocke in die Bauchhöhle (wie bei manchen Ringelwürmern, den Stellvertretern der Fische bei den Kerbthieren) und treten durch eine Öffnung mit dem Harn nach außen, um dann erst von den Männchen befruchtet zu werden, welche zu dem Ende die laichenden Weibchen oft Hunderte von Meilen weit begleiten. Nur bei einem Theile der Knorpelfische, die in so mancher Rücksicht unter den Knochenfischen stehen,

Fig. 320.



Salm im Ei, um die Dotter-Blase liegend; c Rückenstrang, h Herz, k Ohr, x Auge, y Dotter-Blase.

bei den Plagiostomen nämlich, sind Eileiter vorhanden, die sich in eine Art Gebärmutter erweitern; die innerlich befruchteten Eier werden nachher gelegt oder entwickeln sich zu mehr und weniger ausgebildeten Fischen in jenem Uterus. Doch gibt es unter den Knochen-

fischen ausnahmsweise ein Geschlecht (Cottus) mit einigen Arten, deren Männchen ein Nest bauen, wohin sie die Weibchen locken, um dort ihre Eier zu legen, die sie dann befruchten und bewachen. Einige Syngnathus-Arten tragen die befruchteten Eier in einer Bauch-Furche eine Zeit lang mit sich herum. Die Fische durchlaufen keine eigentliche Metamorphose, obwohl die äußere Dotter-Blase meistens erst nach ihrem Austritt aus dem Eie verschwindet (Fig. 320, 321). Nur die Neunaugen unter den Knorpelfischen und die

A Fig. 321. B



Aus dem Ei gekommner Salm in 2 Stadien im Längsschnitte, mit Rücken-Saite, Darm, Dottersack, Mund und später Augen.

Syngnathen unter den Knochenfischen zeigen noch eine spätere Veränderung, die ersten in der Beschaffenheit des Mundes, der Zähne und der Kiemenlöcher, die anderen in den Flossen, deren eine oder die andere an Ausdehnung abnimmt oder ganz verschwindet.

Unter den Reptilien verhalten sich die Dipnoen verschieden von den höheren Monopnoen, indem ihre Fortpflanzungs-Weise fast noch ganz wie bei den Fischen ist. Sie zeigen zwei geschlossene Eileiter und nur einen gemeinsamen Ausführungs-Gang für Darm, Harn-Blase und Genitaldrüsen ohne Kopulations-Organ und befruchten die in Schnüren zusammenhängenden Eier nach ihrem Austritte; auch haben sie weder Amnion noch Allantois, oder die letzte ist nur sehr klein, ganz innerlich, zur Bildung der Harn-Blase bestimmt. Doch kommt auch ein Fall

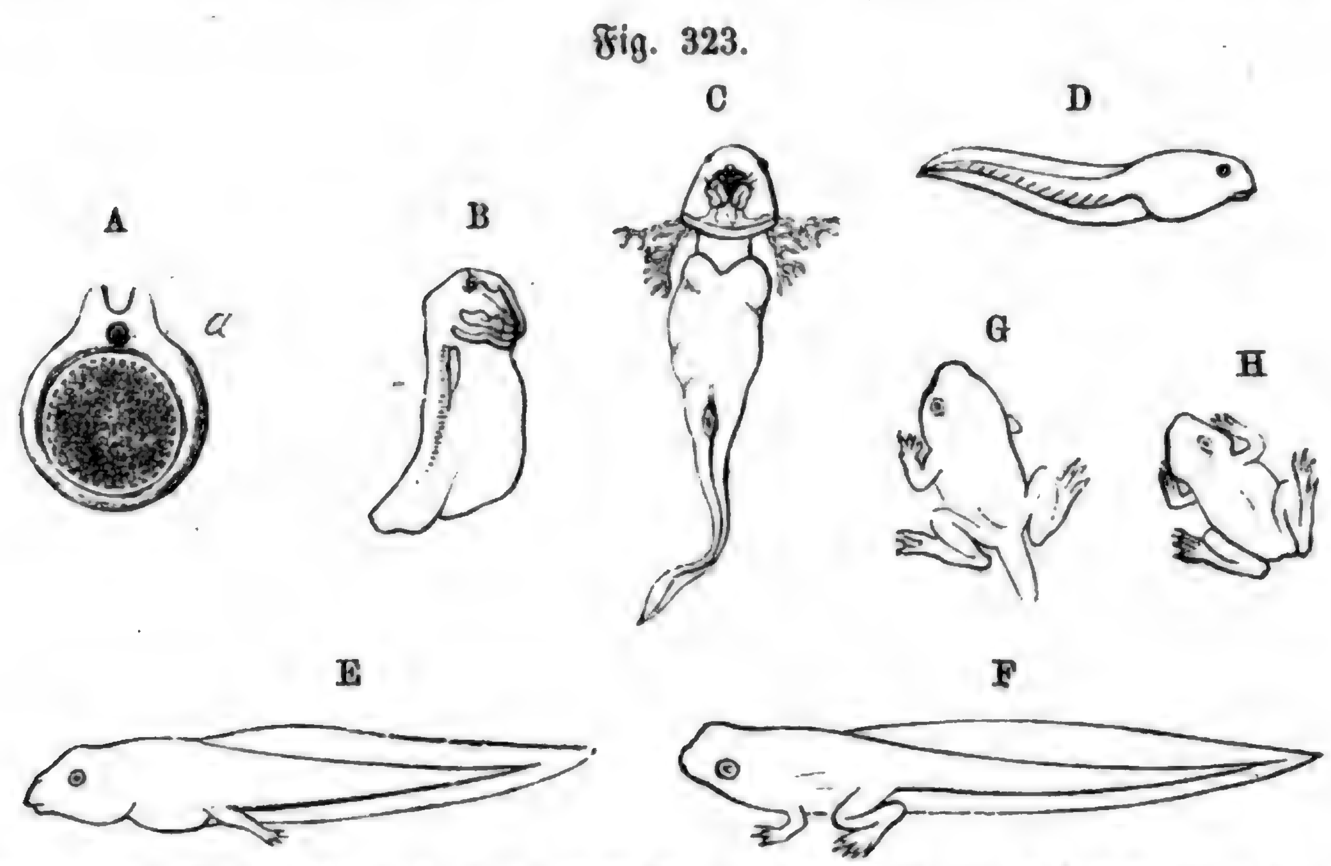
Fig. 322.



Pipa taeda.

vor, wo das Männchen die austretenden Eier während der Befruchtung dem Weibchen auf den Rücken streicht, welcher dann aufschwillt und um jedes Ei eine Zelle bildet, worin sich das Junge entwickelt. So trägt die Mutter deren eine große Anzahl mehr und weniger lange mit sich herum (Fig. 322). Endlich finden sich bei einem Theile der Dipnoen auch bleibende Kiemen und Schwanz, wie bei den Fischen, während die anderen (Fig. 323) eine förmliche

Fig. 323.

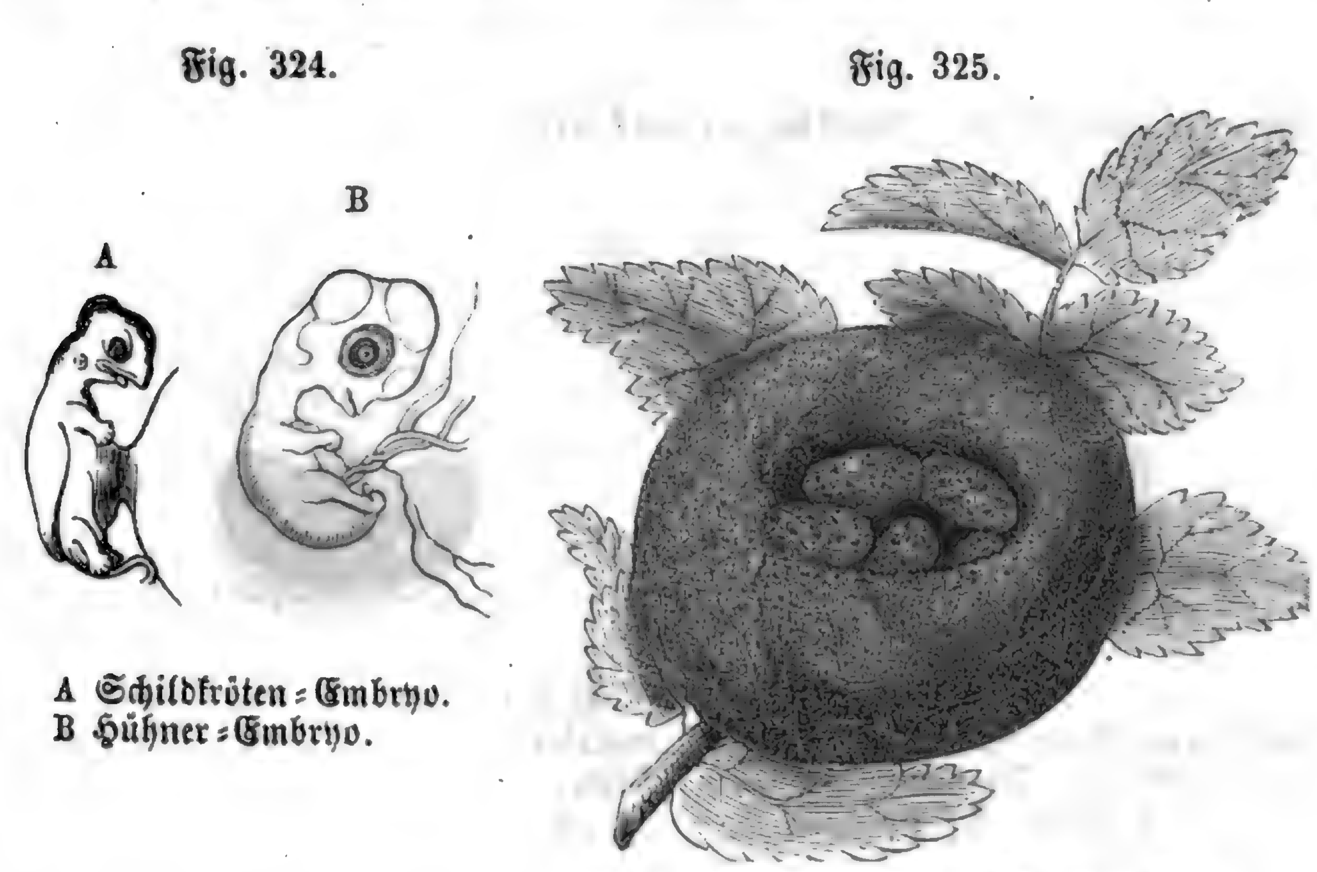


Frosch: A Keim im Queerschnitt mit Rückensaite; B Fötus mit Kopf, Kiemenbögen und durch den Dottersack kugelig ausgedehntem Bauche; C Larve mit 2 Saug-Näpfen unter dem Kopfe, 2 Kiemen jederseits, Schwanz und Nabelöffnung; D dieselbe nach Verlust der Kiemen, mit Augen und weitem Maul; E dergl. mit Hinterfüßen; F dergl. mit 2 Paar Füßen; G und H dergl. mit verkümmerndem Schwanze.

Metamorphose durchlaufen, die Kiemen und oft auch den Schwanz resorbiren, Augen und Füße bekommen und den Schnabel-artigen kleinen Mund durch ein weites oft gezähntes Maul ersetzen. — Die monopnoen Reptilien dagegen, welche keine Verwandlung bestehen, haben ein wohl entwickeltes Amnion mit Allantois, wie die Vögel, denen sie sich in ihrer Entwickelung sehr ähnlich verhalten, und wie die Säugethiere, welche sich aber von beiden dadurch unterscheiden, daß sie den kleinen durch den Nabel in den Bauch einmündenden Dottersack entleert abschnüren und in der Nachgeburt zurücklassen. Die Dipnoen haben übrigens auch schon Kopulations-Organe. Die Schlangen, Echsen und Schildkröten suchen ihre Eier an passende

Orte unterzubringen, die Schlangen sich mitunter auch darüber zu legen und sie zu schützen; sie und die Echsen sie zuweilen noch im Mutterleibe zu entwickeln und lebendige Junge zu bringen; allein weiter kümmern sie sich um ihre Nachkommenschaft nicht (Fig. 324). — Bei den Vögeln (Fig. 325) sind Männchen und Weibchen meistens

Fig. 324. Fig. 325.



A Schildkröten-Embryo.
B Hühner-Embryo.

Fringilla carduelis; Nest mit Eiern.

schon äußerlich unterschieden; After-, Harn- und Genital-Öffnung sind wieder gemeinsam; Kopulations-Werkzeuge keine oder sehr unvollkommen; aber dennoch tritt eine bestimmtere Paarung, eine polygamische oder meistens monogamische Ehe hervor, welche dem Männchen wenigstens im letzten Falle auch nach der Begattung noch gewisse Pflichten der Sorge für Weib und Kind auferlegt. Oft nimmt es mit dem Weibchen am Nest-Bau und Brüte-Geschäft Antheil, löst es ab oder trägt ihm Futter zu, oder füttert, pflegt und schützt in Gemeinschaft mit ihm die Jungen, bis sie im Stande sind davon zu laufen, zu fliegen und selbst ihr Futter zu suchen. Zuweilen bleiben die Familien bis zur nächsten Brut-Zeit beisammen, und die Ehe scheint nicht selten zwischen den nämlichen Ehegatten erneuert zu werden. Jenachdem die Jungen sogleich mit der Mutter davon laufen, oder von beiden Ältern gemeinsam eine Zeit lang im Neste gefüttert werden, unterscheiden sich alle Vögel in zwei Gruppen: in Nestflüchter und Nesthocker, von welchen die ersten mehr den unteren vorzugsweise polygamischen Ordnungen der Wasser-, Sumpf- und

Boden-Vögel, die anderen hauptsächlich den oberen monogamischen Ordnungen der Baum-Vögel entsprechen. — Die **Säugethiere** endlich sind alle mit Kopulations-Organen versehen und leben polygamisch oder monogamisch meistens lebenslänglich beisammen. Die Sorge für ihre Nachkommenschaft geht noch weiter als bei den Vögeln; die Weibchen brüten ihre Eier im Uterus aus und bringen lebendige Junge zur Welt. In der Gebärmutter saugen sich nämlich die Eier fest, um von deren Wandungen aus ernährt zu werden (Fig. 326);

Fig. 326.



Säugethier-Ei mit
sprossenden Chorionzotten; s seröses Blatt, m Schleimblatt, y Dotter-Blase.
entstehender Placenta; e Embryo, y Dotter-Blase, s seröses Blatt, m Schleimblatt, c Chorion, pe Chorionzotten, pm Uterinzotten.

die äußere Ei-Haut, das Chorion, treibt Zotten-artige Fortsätze in diese Wand hinein, wogegen andere aus ihr hervortreten. Anfangs über die ganze Ei-Haut verbreitet, beschränken sie sich später auf eine Scheiben-artige Stelle, einen Gürtel oder auf einige Flecken, was mit der Thier-Ordnung und der Menge der Eier zusammenhängt, welche gleichzeitig im Uterus ernährt werden sollen. Indem sich nun in der Ei-Haut ein Netz von Gefäßen entwickelt, die sich einerseits mit den in der Allantois verbreiteten Nabel-Gefäßen des Fötus in Verbindung setzen, andererseits durch die Zotten mit Venen in Berührung kommen, welche sich in der Schleim-Haut des von den Zotten durchzogenen Uterus erst entwickeln, wird der Mutterkuchen gebildet, durch dessen Vermittelung die den Säugethieren allein eigenthümliche Ernährung des Fötus stattfindet. Gleichwohl fehlt diese Einrichtung noch den Monotremen und Beutelthieren, indem bei jenen ersten der Fötus sogar in einer Kalk-Schaale zur Welt kommen soll, bei diesen aber der Embryo zu kurze Zeit im Uterus verweilt, um eine solche Verbindung herzustellen. Unreif

geboren verbringt er meistens (Fig. 327) eine Zeit lang im Beutel der Mutter und hängt dort oft noch so willenlos mit dem Maule an deren Milch-Zitzen, daß sie ihm die Milch durch gemeinsamen Druck besonderer Muskeln und der zwei Marsupial-Beine von Zeit zu Zeit ins Maul pumpt, woselbst, um Erstickung zu vermeiden (falls dieses Pumpen mit dem Einathmen des Jungen zusammenträfe), die Luftröhre sich anfangs direkt bis in die hintere Nasen-Öffnung fortsetzt. Oft erst allmählich erstarkt das Junge so weit, um die Zitze willkührlich loslassen und wieder ergreifen zu können und allmählich auch aus dem Beutel der Mutter und wieder dahin zurück zu wandern. Einige Beutelthiere haben keinen Beutel und tragen zum Theil die schon etwas reifer geborenen Jungen auf dem Rücken mit sich herum. Überhaupt aber sind die eplacentalen Säugethiere unvollkommner als die placentalen organisirt, welche nach den schon oben angedeuteten Verhältnissen in solche mit mehren und in solche mit nur einem Gürtel-förmigen oder Scheiben-förmigen Kotyledonen zerfallen. Auf welche Weise jedoch dieser Embryo im Uterus ernährt und in welchem Grade der Reife derselbe zur Welt gefördert werden möge, immer wird er nachher an der Milch-absondernden Zitze der Mutter,

Fig. 327.



Didelphys Virginiana: Weibchen, die Jungen im Beutel.

einem eben nur den Säugethieren zukommenden Organe, so lange gesäugt, bis er andere Nahrung vertragen lernt, und so lange zärtlich gepflegt, getragen, gefüttert, unterrichtet und geschützt, bis er nahezu ausgewachsen ist oder eine neue Brunst die Mutter ihm entfremdet. Die Milchdrüsen liegen je nach der Form und Bequemlichkeit des Thieres bald an der Brust und bald am Bauche; an der Brust bei aufrecht-gehenden, fliegenden, kletternden und einigen Meeres-Säugethieren, welche ihre Jungen am Lande säugen. Die Zahl der Milchgebenden Zitzen steht mit der der Jungen im Verhältnisse, welche bei Cetaceen, Robben, Hufern, Zahn-losen, Affen und Menschen am kleinsten ist. Auf diese Weise stellt die Natur selbst, wenn auch mit einigen Ausnahmen, fünf Haupt-Abstufungen der geschlechtlichen Fortpflanzungs-Weise dar. Die Thiere sind in diesem Falle nämlich solche:

5) welche die Jungen säugen und erziehen;
4) welche die Jungen ausbrüten und füttern;
3) welche die Eier durch Begattung befruchten;
2) welche nur gelegte Eier unmittelbar befruchten;
1) welche Eier durch Vermittelung des Wassers befruchten.

c) Die Bewegungs-Organe der Thiere.

Die freiwillige Bewegung ist eine Funktion, welche den Thieren allein und nicht auch den Pflanzen zusteht. Sie ist aber auch fast gänzlich, wie die Ernährung, nur eine Funktion der Anpassung an die äußeren Lebens-Bedingungen und muß daher nicht nur so vielfältig, als das Thier im Ganzen seine Lage in Bezug zu diesen wechselt, sondern auch in dem Maaße manchfaltiger werden, als auch die übrigen Funktionen mehr Veränderungen derselben gegenüber erheischen. Es kommen daher nicht allein der Orts-Wechsel an sich, sondern auch diejenigen freiwilligen Bewegungen in Betracht, welche für Angriff und Vertheidigung, für Mandukation der Nahrung und deren absichtliche Verarbeitung im Munde (S. 249), für Brunst, Paarung und Gebärung, so wie in Folge manchfaltiger Empfindungen der Wärme und Kälte, des Lichtes und Dunkels u. dergl. m. nothwendig werden. Indessen können wir uns so ziemlich auf den Orts-Wechsel beschränken, da die übrigen freiwilligen Bewegungen schon theils bei der Ernährung und Fortpflanzung mit herbeigezogen worden sind, theils auch noch bei der Empfindung berührt werden sollen.

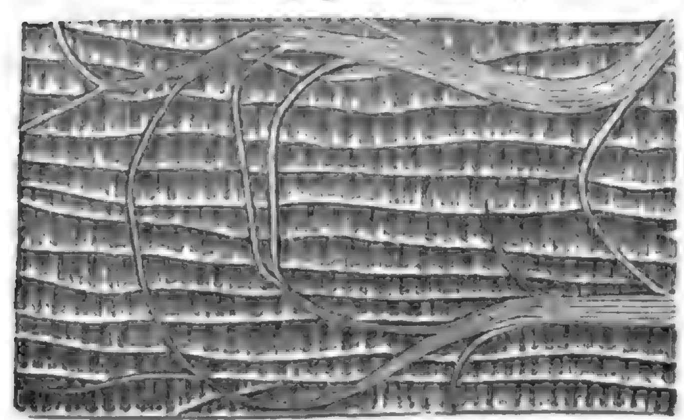
In Betreff der Arten des Orts-Wechsels haben wir nun schon (S. 122) eine theoretische Übersicht der Abstufungen gegeben, wodurch derselbe, abgesehen von den einzelnen Kreisen und Klassen des Thier-Reiches, sich in seiner Art und in seinen Werkzeugen immer weiter vervollkommnet, und wir dürfen erwarten, die Natur selbst ungefähr denselben Weg bei Herstellung eines vollkommneren Lokomotions-Vermögens einschlagen zu sehen. In wie weit Dieß aber wirklich der Fall seie, müssen die folgenden Vergleichungen uns lehren, bei welchen indessen nicht zu übersehen, daß die Vervollkommnung des Orts-Wechsels als eines bloßen Anpassungs-Vermögens an äußere Existenz-Bedingungen noch weniger als die der übrigen Funktionen einem gerade aufwärts führenden Pfade folgen kann, und daß es sich zunächst nur um diejenige Vervollkommnung desselben handelt, welche durch Differenzirung der Organe und Theilung der Arbeit bewirkt werden muß. Wir werden auch diese Arbeit wie alle früheren zuerst durch den ganzen Körper und alle Theile desselben gemeinsam, dann durch entliehene oder gemeinsame Organe und erst zuletzt durch eigene selbstständige Organe verrichtet sehen, die Lokomotion mag nun eine negative (haftende), eine schwimmende, eine gehende oder fliegende oder von mehrfacher Art zugleich sein; und wir wiederholen (von S. 117 ff.), daß die schwimmende unter allen die leichteste und, durch Flimmerbesatz vermittelt, unter allen die ursprünglichste, die gehende zumal außerhalb des Wassers, wo eine viel größere Körper-Last zu tragen und folglich auch ein forwährendes Stützen nothwendig ist, viel schwerer, die fliegende endlich zwar von allen am schwierigsten und auf die vollkommenste Organisation der Bewegungs-Organe gegründete ist, jedoch auf andere Lebens-Verrichtungen unterdrückend zurückwirkt, und daß die damit nothwendig verbundene Lebens-Weise und Organisation weit weniger als die mit der gehenden Bewegung auf festem Boden vereinte geeignet ist, der höchsten und vollkommensten thierischen Entwickelung zur Grundlage zu dienen.

Betrachten wir zuerst die Arten des Orts-Wechsels im Ganzen und Großen, so finden wir das Schwimmen schon überall von den untersten Thier-Formen und deren Embryo-Zustande an, wenn auch noch ohne eigene Organe, die sich erst bei einigen Kopf-Mollusken dürftig einzustellen anfangen. Höher hinauf tritt es immer mehr zurück, obwohl sogar noch unter den Säugethieren zwei Ordnungen noch ganz oder vorzugsweise auf diese Bewegung angewiesen sind,

welche indeß zur rudernden geworden ist. Sitzende und angewachsene Thiere finden wir bis zu den Krustern aufwärts in alle Klassen eingestreut, obwohl nur die Schwämme, Krinoideen und Polypen im Ganzen dazu bestimmt sind. Die ersten Spuren der Bewegung auf einer Unterlage im Wasser und mit entliehenen Organen zeigen sich schon bei den Amorphozoen, mit eigenen Organen bei den Echinodermen, außer dem Wasser zuerst ohne und dann mit Geh-Organen bei den Kerbthieren. Der Flug kommt bei Insekten, Vögeln und Säugethieren vor, wenn wir der fliegenden Fische und ausgestorbenen Pterodaktyle nicht erwähnen wollen; die Flieger in Masse schließen sich daher den Schwimmern näher als die Geher an. Was aber die Bewegungs-Arten niederer Thiere aufwärts bis zu den Reptilien charakterisirt, das ist, daß sie alle schon von Geburt an jedes in seiner Weise so weit den Ort wechseln können als erforderlich ist, um ihre Nahrung zu suchen (Bienen, Ameisen und Termiten wieder ausgenommen), daher hülflose Zustände nach der Geburt, welche die Pflege der Ältern erheischen, als Attribute der höchsten Typen des Thier-Reiches zu betrachten sind; wie denn die meisten Vögel und Land-Säugethiere den Orts-Wechsel (jene auch das Fliegen) Tage, Wochen oder Monate lang erst lernen und inzwischen von den Ältern gefüttert und geleitet werden müssen. Es ist diese Erscheinung, welche die höhere Entwickelung des Familien-Lebens begründet.

Die Fähigkeit vollkommnerer freiwilliger Bewegung überhaupt und des Orts-Wechsels insbesondere beruhet auf der Thätigkeit der Muskeln, welche nach dem Willen des Thieres durch die Nerven erregt werden (Fig. 328), und auf der Entwickelung eines derben gegliederten Skelettes, auf welches sich die Muskeln befestigen und stützen. Verfolgen wir aber diese Bedingungen von ihrem Beginne in den untersten Klassen des Thier-Reiches an, so fehlen die Muskeln so wie überhaupt alle differenteren Gewebe noch gänzlich bei den Amorphozoen, und selbst die Flimmerhaare, auf deren Thätigkeit der Orts-Wechsel dieser Thiere beruhet, lassen keine Muskel-Haut als Unterlage erkennen; ja sie finden sich schon

Fig. 328.



Queergestreifte Muskel-Bündel, zwischen deren Fasern sich ein Nerv verzweigt.

bei den Wasser-Pflanzen aus der Algen-Familie. Erst später differenziren sich jene Gewebe, welche der Muskel- und Skelett-Bildung zu Grunde liegen, von den übrigen Gewebe-Arten, insbesondere gehen die Zellen in die Faser-Form der ersten über. Von den Polypen ab entwickeln sich die Muskeln erst nur in Gestalt einzelner Fasern, welche dann Bündel-förmig vereint und endlich zu regelmäßigen Muskeln verbunden erscheinen; aber erst in den höheren Thier-Klassen zeigen sich diejenigen Fasern, welche die dem Willen gehorchenden Muskeln zusammensetzen, auch noch queergestreift. Die Grundlage des Skelettes machen anfangs das Stickstoff-freie Cellulose- und das Stickstoff-haltige Chitin-Gewebe*) der niederen und dann das ebenfalls Stickstoff-haltige Knorpel-Gewebe der höheren Thiere aus, welche allmählich eine größere Konsistenz gewinnen und dann kohlensauere und endlich phosphorsauere Kalkerde in ihre Interzellular-Räume und Zellen-Wände aufnehmen. Diese Gebilde zeigen sich bei niederen Thieren zuerst hauptsächlich im Umfange, im Mantel, in der Haut und bilden die Haut-Skelette, bei den Wirbelthieren dagegen die inneren Skelette. Bei den niederen Thieren bewirken sie oft nur die Bildung einer derberen Haut; oder das Skelett ist anfangs gewöhnlich ungegliedert (? Rhizopoden, Polycystinen, Infusorien, Polypen, Mollusken rc.), kaum zu jenem Namen berechtigt und mehr geeignet, den Eingeweiden eine schützende Hülle und manchen Muskeln eine feste Stütze zu gewähren, als durch seine eigene Gelenkigkeit den Orts-Wechsel zu erleichtern. Zwar sind die Echinodermen mit einem sehr zusammengesetzten äußeren Kalk-Skelette versehen, dessen Theile aber im Perisome der Echinodermen noch wenig beweglich, nur durch eine Naht oder im Stiele der Krinoideen durch eine elastische Zwischenschicht und äußere Sehnen ohne Muskeln mit einander verbunden sind. Eine sehr bewegliche Gliederung des Haut-Skelettes mit paarigen Muskeln treffen wir in den Armen der Krinoideen und Asteriaden, obwohl noch nicht mit eigentlicher Gelenk-Verbindung zwischen den einzelnen Theilen, wie sie erst in der Anlenkung der

---

*) Cellulose ist die Grundlage des Tunikaten-Mantels, Chitin die der Kalk-Achse der Polypen?, der Kammer-Wände der Bryozoen, des Stieles und der Schaale der Brachiopoden, des Byssus und der Zunge der übrigen Mollusken, des Haut-Skelettes der Kerbthiere u. s. w. Doch hat Schloßberger in Byssus und Muschel-Häuten 0,12—0,16 statt 0,06 Stickstoff gefunden. Die Cellulose besteht nach Löwig aus 43,40 Kohlenstoff, 6,00 Wasserstoff und 50,60 Sauerstoff.

Seeigel=Stäbchen auf die Gelenkwarzen, im Schlosse mancher Muscheln und zumal in der Verbindung der Theile derberer Haut=Skelette der Entomozoen und im Binnen=Skelette der Wirbelthiere in fortschreitender Vervollkommnung auftritt. An dem äußeren Skelette der Kerbthiere setzen sich die Muskeln von innen an und die Gelenk=Verbindung zwischen den einzelnen Gliedern desselben wird um so deutlicher und vollkommner, je mehr Kalkerde die Haut in sich aufnimmt. Die Hauptstütze des Skelettes bildet bei diesen Thieren der Thorax, von wo die Muskeln zu dem Kopfe, dem Abdomen und den Beinen gehen, in der Regel so, daß jedes folgende Glied sich durch eine biegsamere Haut und meist auch noch durch zwei seitliche Gelenkköpfe an das vorige anfügt und durch ein Paar Beug= und ein Paar Streck=Muskeln eingekrümmt und gerade gerichtet wird. Bei den Wirbelthieren dagegen sind die Theile des inneren Skelettes nur durch einfache Gelenke mit einander verbunden und je ein einzelner Muskel übernimmt die Verrichtungen des vorigen Paares. Auf diesem Wege vervollkommnet sich die Skelett=Bildung in aufsteigender Linie durch Differenzirung immer weiter.

Wie bei den Amorphozoen Alles formlos, unstät und indifferent ist, so auch die Bewegung. Alle Spongien, obwohl aus flimmernden Keimen entstanden, sitzen fest. Wir haben schon oben erwähnt, wie bei den nackten Rhizopoden (S. 53—54, Fig. 29, 30, 31) alle Körper=Theile zusammen und jeder einzelne insbesondere berufen sind, an dem schwierigen Geschäfte des Orts=Wechsels auf fester Unterlage oder durch Schwimmen mitzuwirken; aber es gibt auch noch solche Arten, welche durch kalkige Schaalen mit hintereinander gereiheten Kammern beschwert wohl nicht zu schwimmen vermögen, während andere mittelst eben dieser Schaalen sogar festwachsen. — Alle Infusorien entwickeln sich entweder mit einigen langen Schwing=Borsten oder mit allgemein (Chilodon, S. 55, Fig. 34) oder örtlich vertheilten Flimmerhaaren, welche ihnen von ihrem frühesten Dasein an zum Orts=Wechsel, zum Einstrudeln ihrer Nahrung und wohl auch gelegentlich der beständigen Erneuerung des umgebenden Wassers zur Vermittelung der Respiration während ihres ganzen Lebens genügen müssen. Doch gibt es auch Arten, welche einen ruhenden Puppen=Zustand durchmachen, und auch solche, welche im Geschlechts=reifen Alter festsitzen. Da indeß die Flimmer=Lokomotion schon von dem Keim=Zustande an dem Festwachsen vorangegangen und sich dieselbe Erscheinung auch bei allen

festwachsenden Wasserthieren höherer Klassen wiederholt, so scheint man wohl berechtigt, wenigstens diese Art des Schwimmens als die am meisten embryonische Art des Orts-Wechsels zu betrachten und dieselbe sogar unter den festgewachsenen Zustand der (nicht parasitischen) Thiere zu stellen, welche auch in der That für den Verlust der Lokomotion durch eine vollkommnere Mandukation entschädigt zu sein pflegen. Von den festsitzenden Vorticellen u. s. w. (S. 55, Fig. 34) gehen wieder flimmernde Keime aus. Senkt sich aber das Flimmer-bewegte Infusorium auf festen Boden herab, so kann es mittelst der Flimmerhaare auch dicht über diesen hingleiten, gewissermaßen gehen (vergl. die Stylonychia in Fig. 34 unten).

Im Kreise der Aktinozoen findet sich verhältnißmäßig die größte Menge zum Orts-Wechsel nicht befähigter Thiere, die Polypen und Krinoideen, während bei den schwimmenden und gehenden Formen dieses Kreises entweder wieder der ganze Körper für den Orts-Wechsel in Anspruch genommen wird oder die Bewegungs-Organe über den ganzen Körper vertheilt sind. Die Polypen setzen sich bald nach dem Austritte aus dem Eie nieder und wachsen auch fast alle fest, indem sie in ihrem Innern und selten (die Tubiporeen) mehr äußerlich den Polypen-Stock abzusondern beginnen. Doch saugen sich die Aktinien (S. 195, Fig. 114) nur mit ihrer Unterfläche an und vermögen langsam vorwärts zu gleiten; die Hydren (S. 59, Fig. 36) saugen sich abwechselnd mit Fuß und Armen fest und bewegen sich zuweilen fast nach Art der Spanner-Raupen; die Pennateln und Veretillen (Fig. 329, S. 330), welche lose in Sand und Schlamm stecken, vermögen wohl kaum ihre Richtung zu lenken, wenn eine Bewegung des Wassers sie emporhebt und eine Strecke weit forträgt. — Die Quallen und unter ihnen insbesondere die Röhren-Quallen (Fig. 330, S. 330) besitzen meist nur passive Schwimm-Organe: Blasen und Höhlen, um sich an der Oberfläche des Wassers zu erhalten, und Seegel, um sich vom Winde treiben zu lassen? Die Rippen-Quallen haben 4—8 meridianale Reihen sogenannter Schwimm-Blättchen, jedes Blättchen aus einer kürzeren Queerreihe von Flimmerhaaren zusammengewachsen und alle in beständiger Bewegung. Die 1—2 rechts wie links aus dem Körper hervortretenden Arme und andere bewegliche Fortsätze mögen gelegentlich zur Lenkung mitwirken. Hier tritt also das Flimmer-Organ in vervollkommneter Gestalt auch am reifen Thiere auf (S. 65, Fig. 45). Die Medusen bewegen sich in entwickeltem Zustande mittelst ihres

Hutes oder Schirmes (S. 60, Fig. 39, 40; S. 195, Fig. 115). Indem sie sich im Wasser schwebend mit dem Scheitel nach beliebiger Seite senken und durch Zuklappen des Hutes das unter ihm befindliche Wasser heraustreiben, stoßen sie sich selbst in willkührlicher Richtung vorwärts. Ihr Orts-Wechsel wird durch ein beständiges Auf-und-zu-klappen des Hutes bewirkt, wobei die Mund-Arme und die Rand-Tentakeln des Hutes nach hinten ausgestreckt einigermaßen als Steuer dienen. — Es ist schon gelegentlich erwähnt worden, daß die gymnophthalmen Medusen, welche durch Generations-Wechsel

Fig. 329. Fig. 330.



Veretillum.

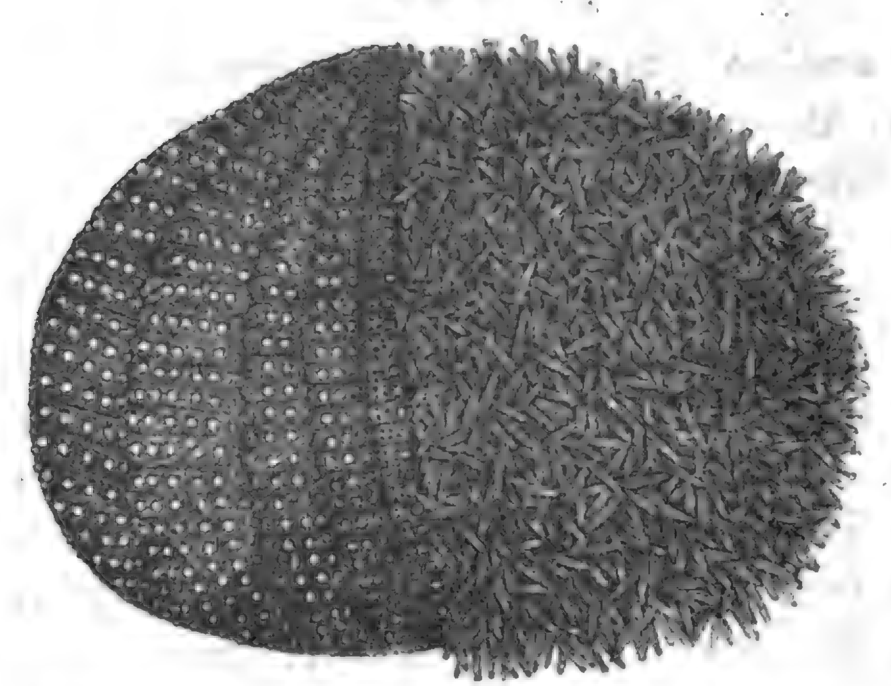
Diphyes: v Schwimmglocken; q Reproduktions-Kanal mit den Ernährungs-Thieren, deren jedes einzeln von einer schützenden Hülle, einem Knorpelblatt, umgeben ist.

von Polypen-artigen Stöcken abstammen, mit diesen eine Zeit lang festsitzen (S. 59, Fig. 37; S. 288, Fig. 267), so wie daß sie zur Zeit der Reife ihrer Eier ihren Hut überstülpen und abwechselnd mit den Armen und den übergestülpten Rand-Tentakeln des Hutes sich festkleben und so ebenfalls nach Art der Spanner-Raupen und noch

mehr der oben erwähnten Hydren auf fester Unterlage fortzuschreiten vermögen, wovon sie jedoch nur wenig Gebrauch zu machen scheinen. — Die Krinoideen sind in der ersten Jugend frei, Infusorien ähnlich schwimmend, dann mit einem Stiele festgewachsen und mit weit reichenden Mandukations-Organen versehen (S. 63, Fig. 43, 44), selten in noch späterem Alter wieder frei (Comatula), so daß sie mit ihren fünf Arm-Paaren sich sowohl etwas auf festem Boden bewegen, als durch gleichzeitig abwechselndes Heben und Senken des einen Armes in jedem Paare rudern können. Bei den Ophiuren wirken die langen biegsamen Arme, bei den Asterien (S. 61, Fig. 41) und Echinoideen (S. 332, Fig. 331) die aufgerichteten Stacheln, welche den Körper mit stets abwärts gewendetem Munde stützen, bei'm Orts-Wechsel auf dem Boden mit; aber die Hauptwerkzeuge sind die Pedicellen, kleine Röhrchen, welche durch Injektion ausgedehnt aus feinen Poren des Perisoms hervortreten, sich weit über die Stacheln hinausstrecken, durch terminale Saugscheibchen an fremde Körper befestigen und dann durch ihre Verkürzung den ganzen auf den gelenken Stacheln ruhenden Körper nachziehen können. Jene Poren liegen zu je 2, 4—6 und mehr nebeneinander in fünf Doppelstreifen oder sogenannten Fühlergängen, Ambulacra, welche Meridian-artig vom Munde aus mehr oder weniger weit gegen den Scheitel hinaufziehen, so daß ein Seeigel-Individuum eine sehr große Anzahl solcher Meridian-ständigen Poren und Füßchen besitzt, um sich mit deren Hülfe gleichwohl nur sehr langsam und schwerfällig, mitunter wohl auch rollend auf dem Boden fortzuziehen oder sich an Wänden in die Höhe zu lotsen. Irgend einer der Fühlergänge ist dabei zwar immer voran, doch um so weniger einer dabei bevorzugt, je weniger die Aktinozoen-Gestalt bereits hemisphenoid geworden ist. Die Injektion jener Füßchen, welche sich innerhalb des Perisoms zu Ampullen erweitern, wird von einem Wasser-Gefäße aus bewirkt, welches innerhalb der Körper-Wand unter jedem Fühlergange herabzieht und von innen her mit demselben in Zusammenhang steht. Alle diese vom Scheitel-Pole herablaufenden Wasser-Gefäße entspringen aus einem diesen letzten in geringer Entfernung umgebenden Ringgefäße, welches das ihm nöthige Wasser von außen her mittelst Infiltration durch die Sieb-artig durchlöcherte „Madreporen-Platte" (vergl. S. 62, Fig. 42b, wo in c auch die Poren vergrößert sind, und Fig. 331, S. 332) zugeführt bekommt und auf dieselbe Weise zurückgibt. — Nur die Holothurien ruhen nicht mehr auf einem Pol-

Ende des Körpers und sind nicht mehr von angelenkten Stäbchen oder Stacheln getragen; sie liegen mit ihrer Achse waagrecht und ziehen so liegend und den Mund vorwärts gewendet den Körper voran theils mittelst der längs der Seiten des Körpers hervortretenden Pedicellen-Reihen, theils mittelst der den Mund umstehenden einfachen oder ästigen Tentakeln, soferne als diese nämlich an ihren Enden mit Saugscheibchen versehen sind. Die höchste Differenzirung der Bewegungs-Organe, welche bei den Aktinozoen vorkommt, besteht darin, daß jene Füßchen, statt in fünf in gleichen Abständen um den Körper vertheilten Ambulakren, sich nur an einer Seite desselben entwickeln oder nur hier Saugscheibchen bekommen, wodurch sie also, immer mit dem Munde voran und immer mit der nämlichen Seite nach unten gerichtet, den Ort wechseln, schon ganz wie hemisphenoide Thiere. Die Aktinozoen, sämmtlich im Wasser lebend, stellen also hinsichtlich ihres Orts-Wechsels drei Abstufungen, jede mit verschiedenen Modifikationen und kleineren Abweichungen dar. Es sind 1) festsitzende, 2) mit Hülfswerkzeugen schwimmende und 3) mittelst Pedicellen und Stacheln auf dem Boden sich fortziehende, wobei das Thier a) den Mund nach unten oder b) vorwärts richtet.

Fig. 331.



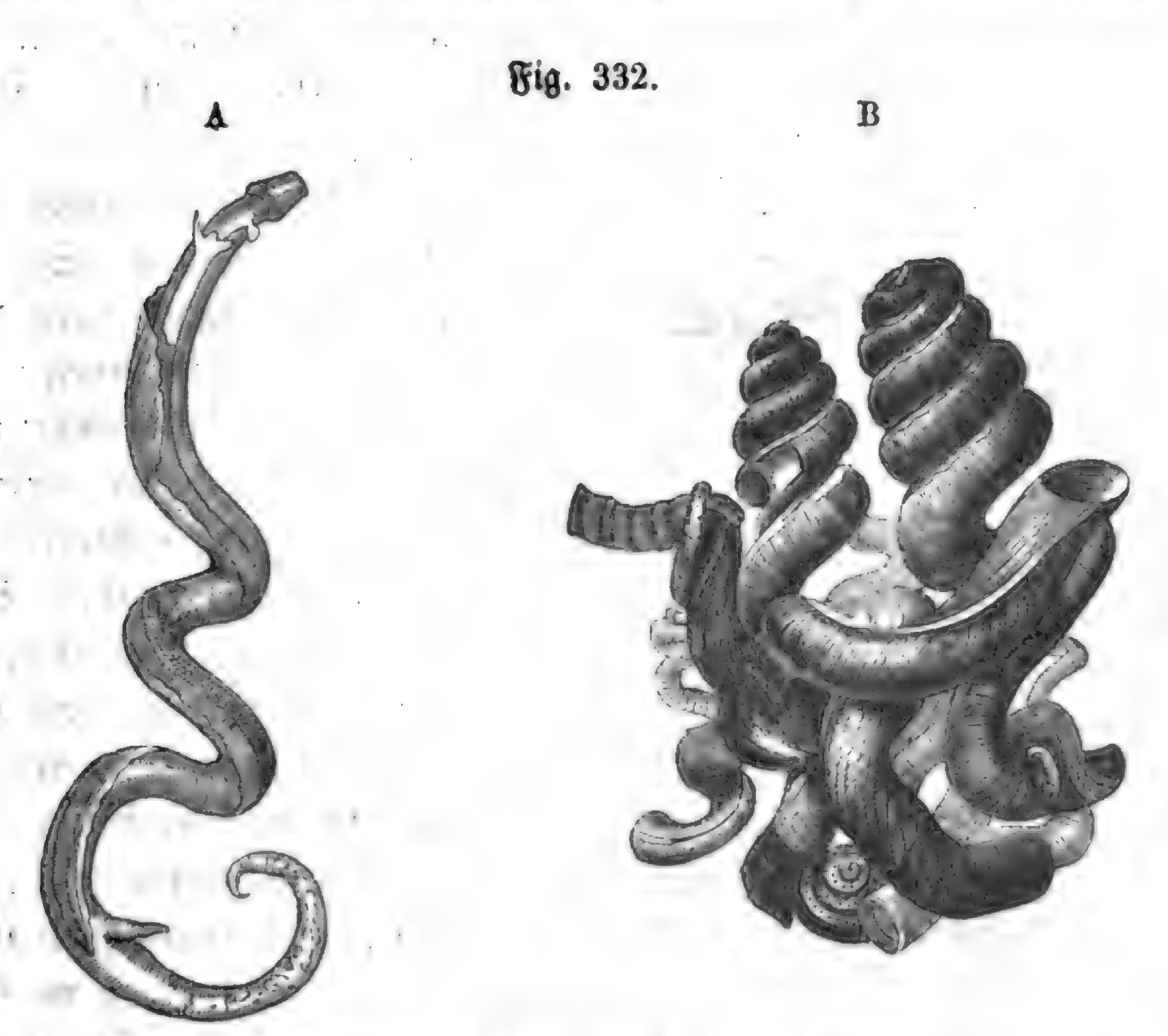
Echinus: Seeigel-Schaale; in der linken Hälfte von den Stacheln entblößt, um die Ambulakral-Poren und Stachel-Warzen zu zeigen.

Ein ähnliches zusammengesetztes Wassergefäß-System kommt zwar bei den folgenden Thier-Klassen nicht mehr vor, doch wiederholt es sich in einfacherer Weise bei fast allen Weichthieren und Würmern, scheint aber dann nicht allein durch Vermehrung und Verminderung der Turgescenz des Körpers mit zur Bewegung beizutragen, sondern auch auf die Respiration im Inneren des Körpers von Einfluß zu sein.

Vom Kreise der Weichthiere an ist das Vorn und Hinten, das Unten und Oben bei der Bewegung bleibend fest-gestellt, obwohl noch die meisten wenig oder gar nicht ihren Ort wechseln. Auch er bietet

festsitzende, schwimmende und auf dem Boden in und außer dem Wasser bewegliche Formen dar; aber das Schwimmen wird, wenn auch nach dem Fötal-Zustande nicht mehr durch Flimmer-Haare, doch fast stets ganz ohne eigene Organe, und die Bewegung auf dem Boden ebenfalls in verschiedener Weise, aber stets sehr unvollkommen, langsam kriechend auf einem großen Theile der Bauch-Fläche, oder mit entliehenen Werkzeugen ausgeführt. Alle diese Bewegungs-Arten kommen in mehren Haupt-Abtheilungen des Mollusken-Kreises zugleich vor, ohne daß die eine ein erhebliches Übergewicht über die andere gewinnen kann und eine Erhebung zu einer höheren Bewegungs-Weise sehr merkbar hervortritt. Festsitzende Formen sind die Bryozoen (S. 251 und 197, Fig. 210, 118) ausschließlich, die Hälfte der Tunikaten (S. 197, Fig. 119), sämmtliche Palliobranchier, die einmuskeligen und nächstverwandten zweimuskeligen Lamellibranchier,

Fig. 332.



Siliquaria: A Thier und B die Schaale.

doch unter den Kopf-Mollusken nur noch die kleine Gruppe der Tubulibranchier (Vermetus, Siliquaria Fig. 332) und etwa Hipponyx (Fig. 333, S. 334); aber dieses Festsitzen ist von verschiedener Art und läßt mehre Abstufungen unterscheiden, wie denn auch die losen Lamellibranchier in Sand und Schlamm steckend ihre Stelle wenig

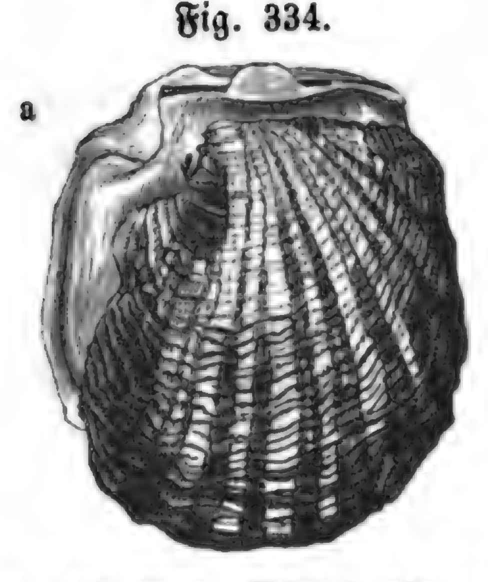
verändern. Die Bryozoen, viele Tunikaten (S. 223, Fig. 160), einige Palliobranchier und Lamellibranchier, so wie die genannten Kopf-Schnecken sitzen unbeweglich fest; die übrigen Palliobranchier sind mit einem sogenannten sehnigen Fuße befestigt, welcher den Buckel der einen Klappe durchbohrt oder zwischen beiden Klappen hindurchgeht, während bei vielen Lamellibranchiern die Anheftung durch einen aus dem eigentlichen Fuß-Muskel am Bauche des Thieres entspringenden Byssus bewirkt wird, für dessen Austritt die Schaale am vorderen Rande eine Ausbuchtung hat (Fig. 334, a), was den einen wie den andern noch immer ein Hin- und herschwanken und Drehen gestattet, wie bei einem vor Anker liegenden Schiffe. Hinnites anfangs durch Bewegung seiner Klappen rasch schwimmend, dann mit einem Byssus angeheftet, wächst später mit der Schaale fest; Hippopus und andere Sippen, die in der Jugend einen Byssus haben, verlieren solchen später und liegen frei auf dem Grunde des Wassers, wenn ihre eigene Schwere ihnen genügenden Halt gibt; denn alle Bivalven müssen, da sie sonst kein Organ haben um sich fest zu halten, entweder schwimmen oder sich in den Boden vergraben oder festwachsen, um nicht ein Spiel der Wellen zu werden. Alle schwimmenden Mollusken aber sind der Erleichterung wegen entweder nackt oder dünn-schaalig, oder ihre Schaalen sind mit Luft-Kammern

Fig. 333.



Hipponyx: Oberschaale von der Seite und von innen, und ganze Ansicht von der Seite.

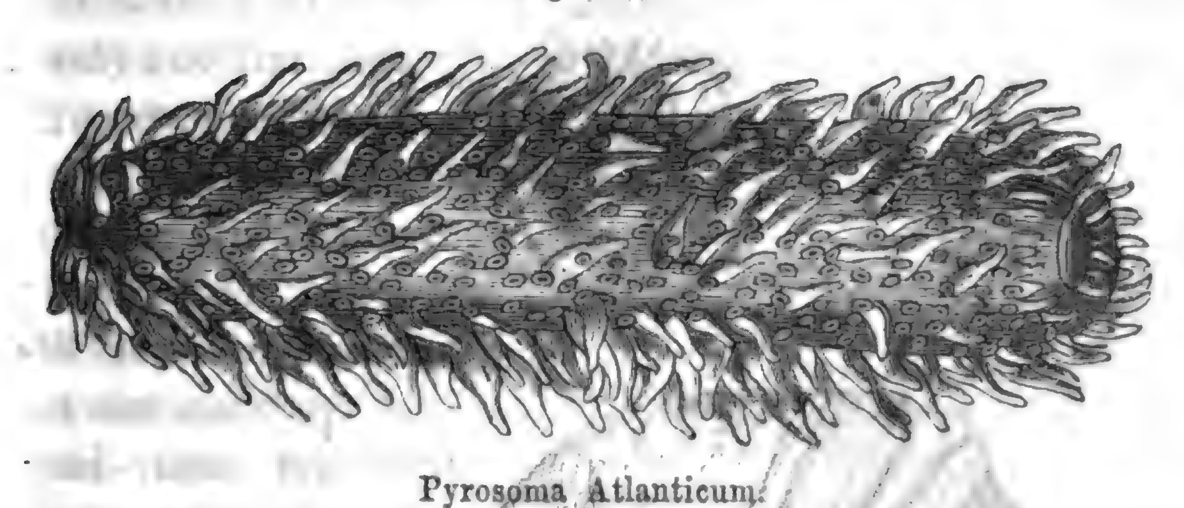
Fig. 334.



Meleagrina: die untere Schaale oben mit einer halb inneren Band-Grube und vorn mit einem Byssus-Ausschnitt.

versehen. Schwimmend treffen wir einen Theil der Tunikaten, die Pteropoden, die Heteropoden und die Cephalopoden; aber auch dieses Schwimmen zeigt verschiedene Abstufungen der Vollkommenheit. Ein Theil der schwimmenden Tunikaten sind sogar noch angewachsen, d. h. mit anderen schwimmenden Individuen von ihrer eigenen Art und gleicher Brut zusammengewachsen, wie die Pyrosomen (Fig. 335)

Fig. 335.

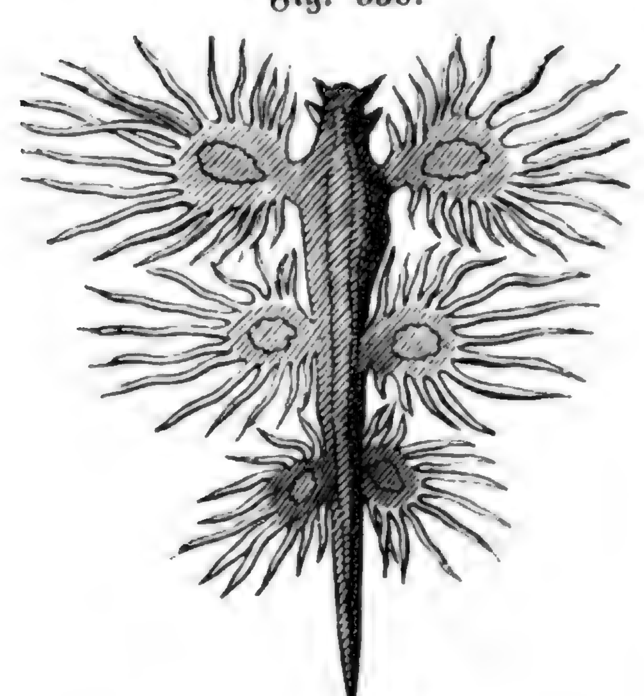


Pyrosoma Atlanticum.

und Salpen (S. 292, Fig. 274). Aber das Schwimmen der Tunikaten-Brut wird durch Flimmer-Haare und etwa resorbirbaren Ruderschwanz (S. 293, Fig. 275, 276), das der reifen Tunikaten, der jungen noch nicht angehefteten Pectines und Hinnitae und der Cephalopoden durch das gewaltsame Ausstoßen des zum Athmen eingenommenen Wassers, mithin ohne besondere Organe und im Wesentlichen noch in gleicher Art wie bei den Quallen bewirkt. Die einzelnen Thiere, woraus die am einen Ende geschlossene und am anderen offene Röhre des Pyrosoma-Körpers zusammengesetzt ist (Fig. 335), nehmen alle ihr Respirations-Wasser an der Oberfläche des Zylinders auf und stoßen es in die innere Höhle desselben aus, woraus es nur am offenen Ende wieder entweichen kann, welches hierdurch zum hinteren wird. — Die Salpen (S. 292, Fig. 273, 274) nehmen das Wasser gewöhnlich durch die Queerspalt-förmige Öffnung auf, welche direkt zur Kiemen-Höhle führt, und stoßen es durch die entgegengesetzte runde Öffnung wieder aus, welche hierdurch zur hinteren wird; doch geschieht Dieß für eine kurze Zeit zuweilen auch in entgegengesetzter Richtung; beide Öffnungen sind zu dem Ende Klappen-artig eingerichtet. Die jungen Kamm-Muscheln klappen ihre zweiklappige Schaale rasch auf und zu und bewegen sich hierdurch äußerst schnell im Wasser, bevor sie mit dem Byssus sich festhalten, während die andere Seemuschel-Brut sich beim Schwimmen

ihres flimmernden „Seegels" bedient (S. 294, Fig. 278—280). — Nur die Pteropoden (S. 221, Fig. 155—158) haben ein eignes aktives Schwimm-Organ in ihren beiden Ruder-Flossen, das sich auch bei den meisten Gastropoden beim Austritte aus dem Eie in Verbindung mit Wimpern wiederfindet, mithin doch nur embryonischer Charakter ist. Die Heteropoden (S. 226, Fig. 165) haben zwar einen vertikalen längs-gerichteten Fuß mit einem Saug-Napfe, womit sie sich beliebig irgendwo festhalten können, und auch wohl noch eine Art Schwanz, die aber beide, obwohl sie zum Theil mit dem Fuße nach oben gewendet schwimmen, doch mehr zum Steuern als zur Vorwärtsbewegung geeignet sind. Unter den Gastropoden schwimmen einige Gymnobranchier mit Flossen-Kiemen und verkümmerndem Fuße (Fig. 336) und etwa Janthina,

Fig. 336.

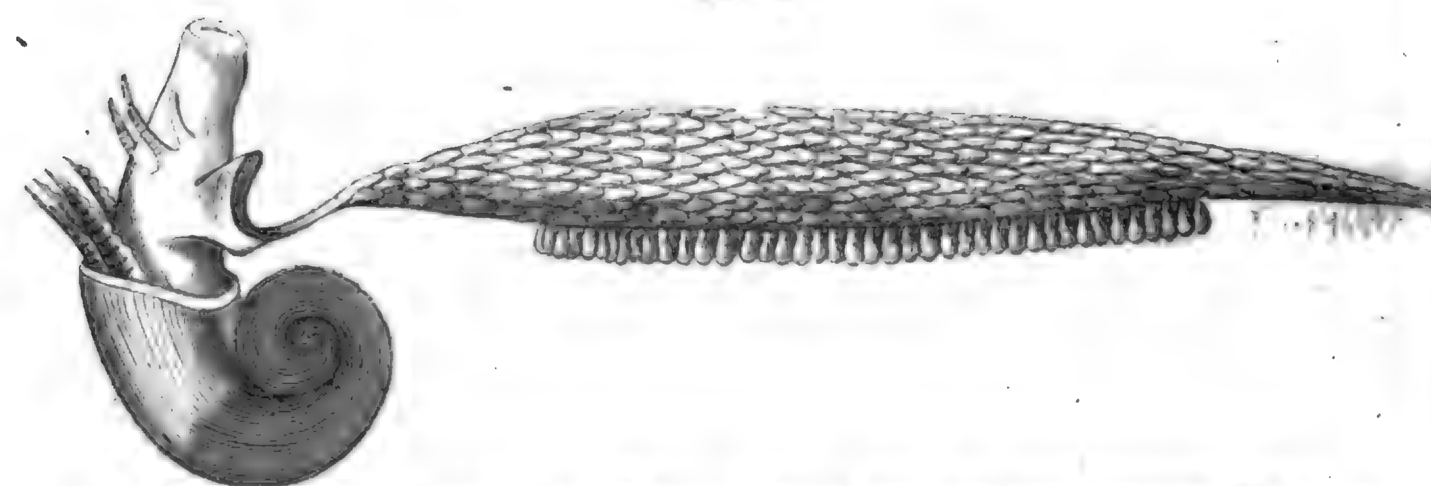


Glaucus hexapterygius.

Fig. 337.



337 b



Janthina communis; a die Schaale und b das herausgenommene Thier mit seinem Floß.

deren Weibchen ein großes Floß mit sich führt, darin seine Eier enthalten sind (Fig. 337 b). Die nackten Cephalopoden endlich bewegen sich schwimmend von der Stelle, indem sie das eingeathmete

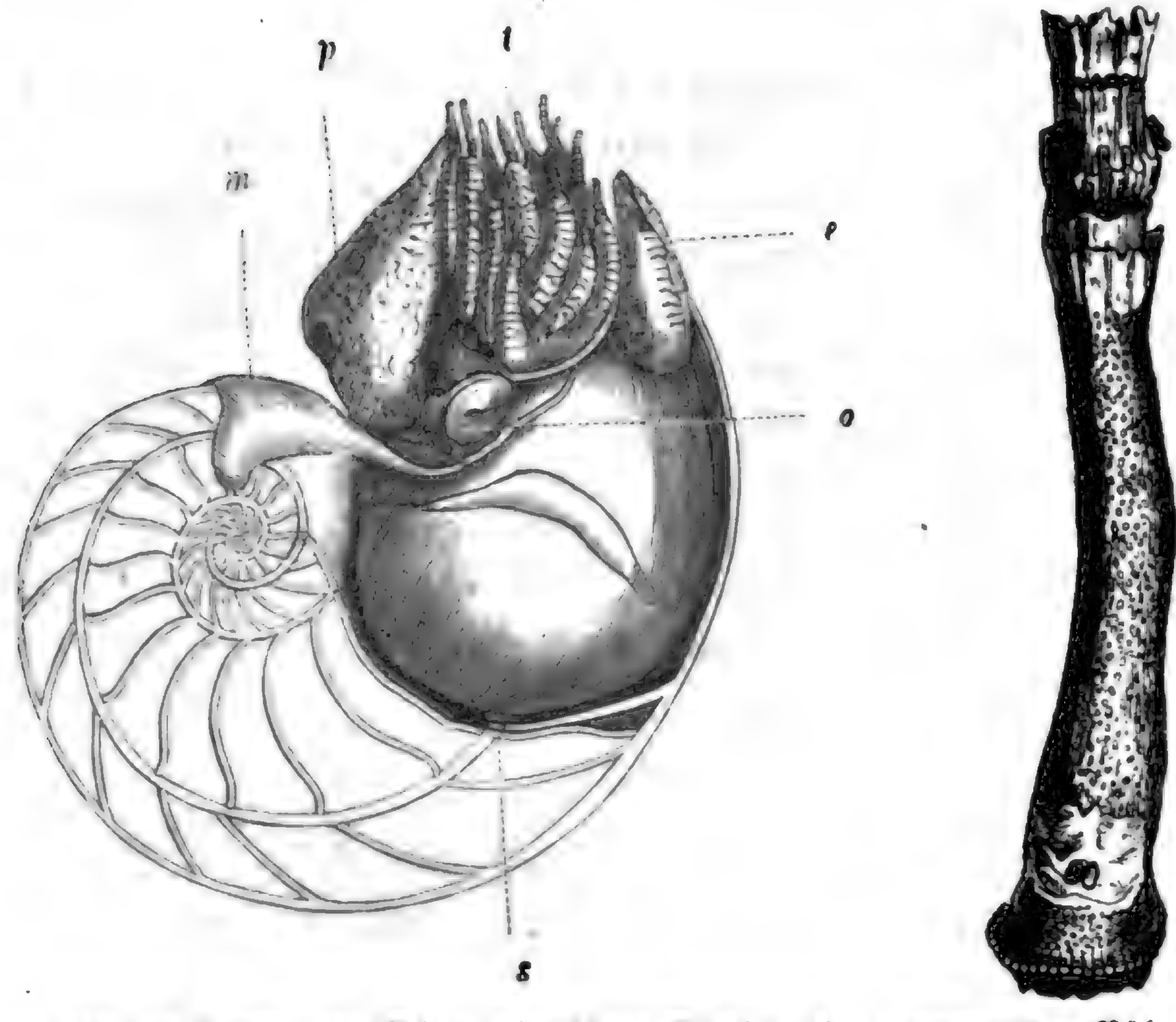
Wasser durch den Trichter ausstoßen, und da dieser (S. 253, Fig. 212, 214) von hinten nach vorn unter dem Kopfe hin gewendet ist, so schwimmen sie mit dem Kopf-Ende nach hinten gekehrt, wobei ihnen die hinten ausgestreckten Arme und oft auch seitliche Haut-Säume zum Steuern dienen. Sie schwimmen aber auch noch auf andere Weise und zwar mit Blitzes-Schnelle, indem sie nämlich durch rasches Vonsichstoßen der Arme und rasche Hinundherschwingung des Körpers sich fortschleudern, wobei ihnen das im Innern eingeschlossene Schaalen-Rudiment, der kalkige oder Horn-artige Schulp, zweifelsohne als Stütze dient und der seitliche Haut-Besatz vorzugsweise zur Bestimmung der Richtung mitwirkt. Auch sie haben also demungeachtet nur Steuer- und Stütz-, aber keine eigenen aktiven Schwimm-Organe, und ihre Lokomotion bleibt immer nur eine stoßweise Rückwärtsbewegung. Auf ihre sonstige schreitende Bewegungs-Weise kommen wir unten zurück. Die mit äußerer Schaale versehenen Cephalopoden entbehren der zuletzt beschriebenen Art von Bewegung, und ihre Arme dienen ihnen, während die Schaale mit ihrem Kiele nach unten und mit der Mündung nach oben gekehrt schwimmt, wohl nur wenig zur Fortbewegung, keine aber als Seegel, wie man es wohl mitunter angegeben hat (Fig. 338). Hebung und Senkung der Schaale wird bewirkt durch Zusammenpressung oder Ausdehnung der im Thiere selbst wie in der Schaale enthaltenen Luft bei dessen Zurückziehung in das Haus oder beim Austritte aus demselben (Fig. 339, S. 338). — Die **Bewegung endlich auf fester Unterlage** kann ebenfalls in verschiedener Weise stattfinden. Die Lamellibranchier und Gastropoden, welche nicht festgewachsen sind, besitzen unter dem Rumpfe einen großen Muskel, welcher bei jenen im Allgemeinen eine Beil-Form (daher man sie auch Beil-Füßer, Pelecypoden, genannt hat) zeigt und mit dessen Hülfe sie, auf einer der Seiten-Klappen liegend (S. 225, Fig. 163) sich vorwärts schieben, indem sie ihn aus der Schaale herausstrecken und


Fig. 338.


Argonauta Argo.

gegen den Boden stämmen, womit sie aber auch sehr rasch in Sand und Schlamm sich einzugraben vermögen, so daß der Hintertheil des Thieres oder, wo solche vorhanden, die Siphonen nach oben gewendet und mit der Oberfläche des Wasser-Bodens in Verbindung

Fig. 339. Fig. 340.



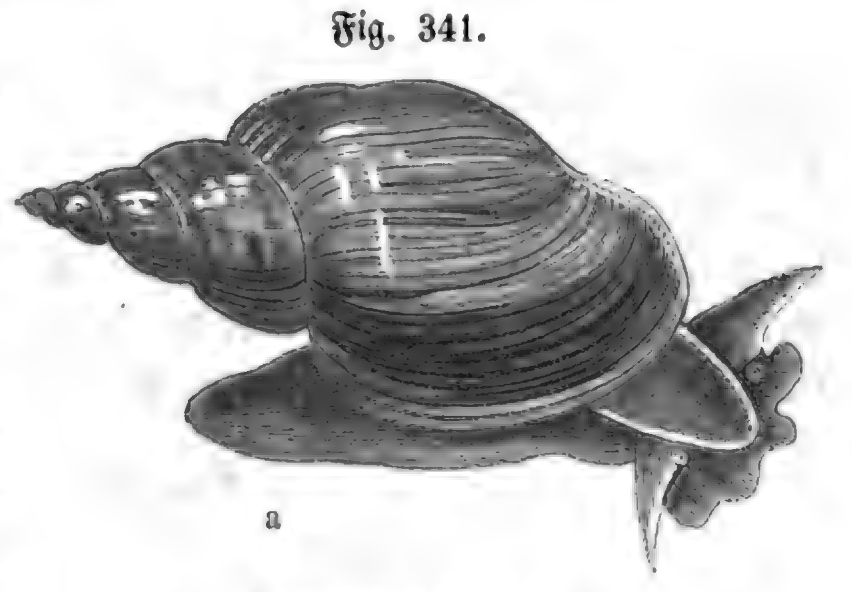
Nautilus Pompilius: Schaale im Längs-Schnitt, die Kammern zeigend; das Thier in der Mündung, mit zahlreichen Armen.

Aspergillum-Röhre: oben offen, unten die Buckeln der zwei Klappen zeigend.

bleiben, wobei sie sich zuweilen sogar mit einer Kalk-Röhre umgeben, was sie dann hindert, fortan ihre Stelle zu wechseln (Fig. 340). Es ist schon erwähnt, daß bei den Heteropoden ein ähnlicher Fuß-Muskel vorhanden ist, an dessen Rande sich ein kleiner zweilappiger Napf zum beliebigen Festhalten befindet (S. 226, Fig. 165). Bei den beweglichen Gastropoden (S. 72—73, Fig. 49, 50; S. 228—229, Fig. 169—175; Fig. 341) tritt an die Stelle dieses Muskels eine breite Sohlen-Fläche, die zum Kriechen im Wasser wie im Trockenen dient; ein anderer am Mantel oder an der Spindel der Schaale ansitzender Muskel bewirkt, wenn es nöthig wird, seine Zurückziehung, während das Austreten des Fußes aus der ein- wie zweiklappigen Schaale wohl hauptsächlich durch das schon früher er-

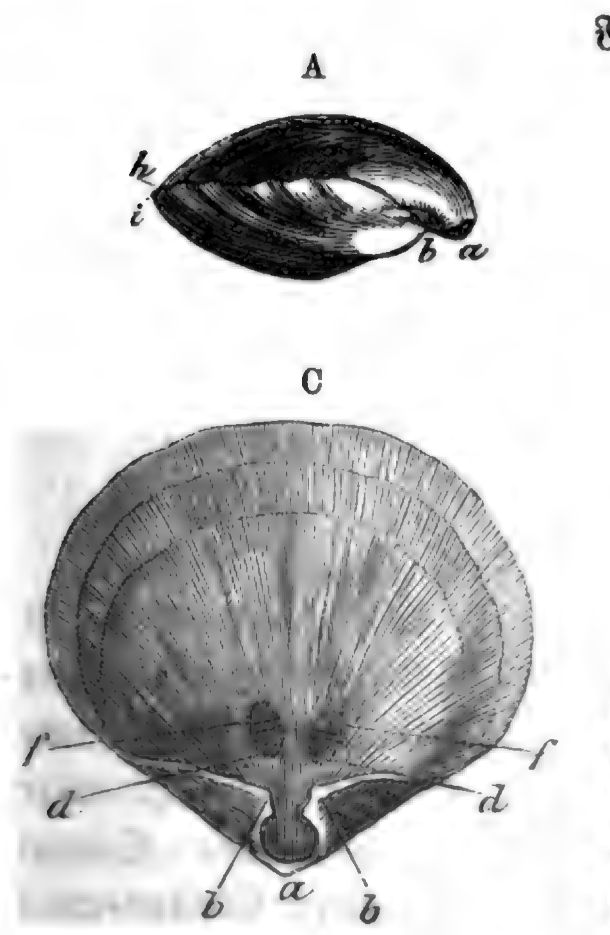
wähnte Wassergefäß-System vermittelt wird. Was die Öffnung und Schließung der Muscheln betrifft, so wird bei den Palliobranchiaten die erste bewirkt, und zwar bei Lingula durch die vom Stiele ausgehenden Muskeln, bei Terebratula (Fig. 342) durch Kontraktion zweier etwas außerhalb oder hinter dem Stützpunkte, um welche sich beide Klappen aneinander drehen, wirkender Muskeln, — die Schließung aber durch Muskeln, die innerhalb oder vor diesem Stützpunkte von einer Klappe zur andern gehen. Bei

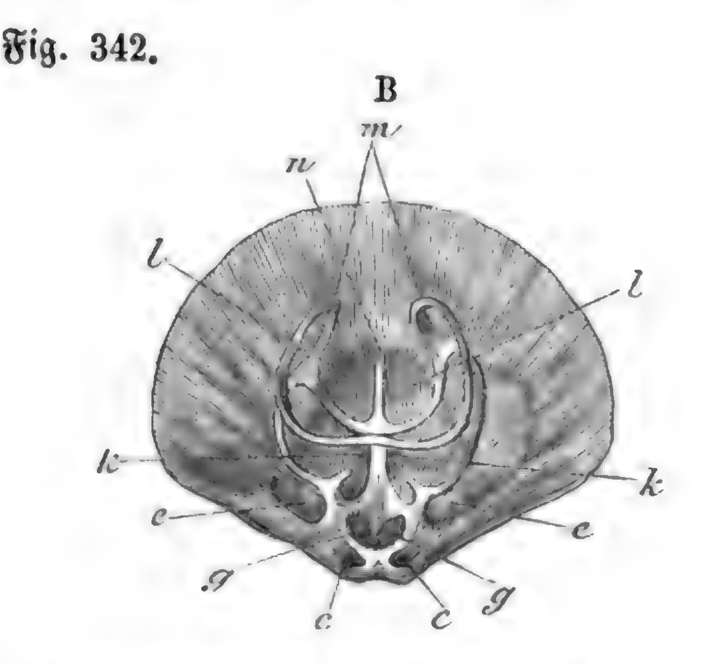
Fig. 341.



Limnaeus stagnalis.
Kopf, Fühler, Augen, Fuß (a).

Fig. 342.



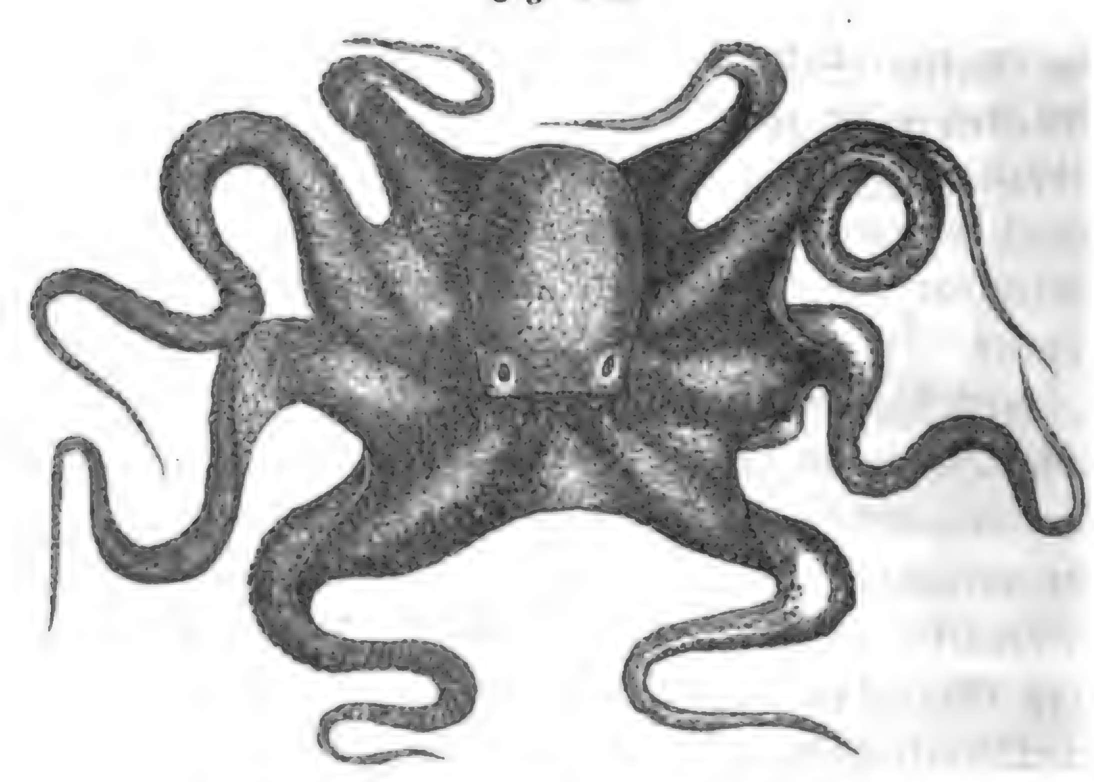


A Terebratula australis, geschlossen von außen; — B C Terebratula chilensis, die kleine und die große Klappe von innen gesehen, erste mit ihrem Arm-Gerüste, mit ihrem Charniere (2 Zähne c c zwischen b b eingeklammert), mit den Narben der Schließ-Muskeln, die von k k nach f f (ein andres Paar von g g nach d d) gehen, während die Klaff-Muskeln sich ebenfalls von d d nach den Ecken außerhalb c c begeben und durch ihre Zusammenziehung das Eintreten dieser Ecken in die große Klappe, mithin die Entfernung von h und i in Fig. A, bewirken.

den Lamellibranchiern strebt das elastisch-kontraktile Band längs dem Schloß-Rande beständig beide Klappen zu öffnen, und es bedarf nur eines Nachlasses in der Kontraktion des inneren einzigen Queer-

Muskels der Monomyen oder der zwei (eines vorderen und eines hinteren) Queer-Muskeln der Dimyen, um die Öffnung zu gestatten, wie umgekehrt eine überwiegende Kontraktions-Thätigkeit der letzten die Schließung bewirkt. Wir haben schon früher auseinandergesetzt, daß ein zweifacher Muskel an beiden Enden vertheilt besser als ein einfacher zentraler, wenn auch stärkerer*), geeignet ist, einer äußeren Kraft gegenüber die Schaale geschlossen zu erhalten und daher als eine Vervollkommnung angesehen werden muß. — Unter den Cephalopoden endlich scheinen die Nautileen (S. 338, Fig. 339) am Meeres-Grunde auch kriechen zu können?, während die nackten Dibranchier (Fig. 343) mit ihren zahlreichen Arten, seien sie mit Saugscheiben


Fig. 343.



Octopus vulgaris; auf seinen Armen gehend.

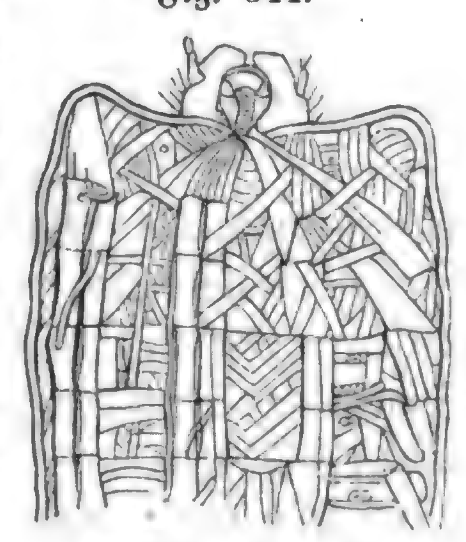
oder mit Haken versehen, sich an Flächen aller Art befestigen und durch abwechselnde Hebung und Senkung derselben, wenn auch etwas schwerfällig, voranschreiten können, da diese Arme mehr zu Greif- und Raub- als zu Bewegungs-Organen bestimmt sind. Obwohl nun selbst die Cephalopoden als die vollkommensten Mollusken in der That noch keine eigenen aktiven Bewegungs-Organe besitzen und sich meistens schwimmend bewegen, wie schon die eben dem

*) Es ist dabei noch hervorzuheben, daß der eine zentrale Muskel nur bei festgewachsenen Muscheln vorkommt, bei welchen mithin eine Differenzirung zwischen Vorn und Hinten wenigstens durch Lokomotion nicht stattfindet.

Eie entschlüpfenden Jungen (wenn auch mit anderen Mitteln) zu thun pflegen, so sind sie doch mit den manchfaltigsten und kräftigsten Bewegungs-Weisen unter allen begabt.

Erst von den Kerbthieren aufwärts beginnt die bleibende Differenzirung des Körpers in verschiedene Glieder, indem sich ein regelmäßiges äußeres oder Haut-Skelett aus Chitin bildet, welches sich in der Weise in der Haut absetzt, daß alternirende Strecken dadurch fest und steif werden, andere dazwischen liegende aber biegsam bleiben und sich falten können. Doch nur allmählich wird es derb genug, um den von innen daran befestigten Muskeln eine hinreichende Stütze zu bieten, wie sie eine energische und schnelle Bewegung erfordert. So lange nun hier die Haut noch weich und nicht gegliedert oder nur fein- und viel-ringelig ist, sind auch nur Muskel-Fasern vorhanden, die oft (Hirudo) sehr zahlreich in verschiedenen Richtungen verlaufen und durch ihre Thätigkeit eine beständige Form-Änderung des weichen Körpers veranlassen. Sobald aber Chitin derber auftritt, der Ringel weniger werden und gegliederte Füße hinzukommen, sind die unmittelbar und beweglich aneinander gefügten äußeren Glieder des Körpers gewöhnlich durch je 2 Beug- und 2 Streck-Muskeln innerlich mit einander in Verbindung gesetzt, deren Kontraktion die Einkrümmung und beziehungsweise Streckung je zweier aneinander-stoßender Glieder in ihrem Gelenke bewirkt; daher die Zahl der Muskeln sehr groß (Fig. 344) und selbst viel größer als bei Wirbelthieren zu werden pflegt.

Fig. 344.

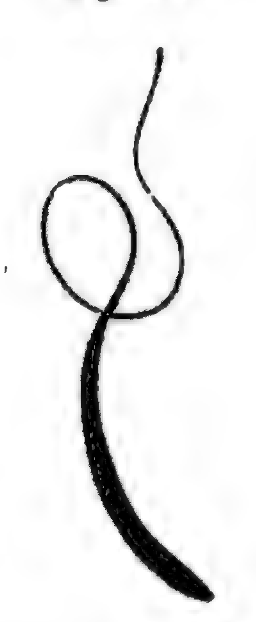


Cossus ligniperda. Muskulaturen im Inneren der aufgeschnittenen Haut der Weiden-Raupe.

Die Kerbthiere beginnen ihren Orts-Wechsel nochmals auf der untersten Stufe der Vollkommenheit ohne alle Werkzeuge; aber es ist die Aufgabe erst dieses Kreises des Thier-Systemes eigene bleibende Lokomotions-Werkzeuge zur Entwickelung zu bringen und sie von Stufe zu Stufe in zweckmäßigerer Form und Anzahl herzustellen. Nothwendig sind auch hier die dem Eie entschlüpfenden Embryonen frei beweglich; aber eine ziemliche Anzahl Athmungs-lose und einige der unvollkommensten Kiemen-Kerbthiere setzen sich bald fest, um ihre Stelle nur noch wenig oder gar nicht mehr zu wechseln; von den Luft-Kerbthieren an sind alle frei beweglich, wenn auch zuweilen noch in einen engen

Wohn-Raum gebannt. Schwimmer sind einige Ringelwürmer und die Entomostraca unter den Krustern, aber nur noch wenige vereinzelte Tracheen-Kerfe. Auf fester Unterlage bewegen sich im Wasser viele Ringelwürmer und die Malacostraca, in der Luft alle Tracheen-Insekten, selbst wenn sie schwimmen können, wie denn auch die schwimmenden Würmer und Kruster sich auf fester Unterlage zu bewegen im Stande sind. Aber die konfuseste Bewegungs-Weise von allen besitzen diejenigen am Anfange des Kerbthier-Kreises stehenden Eingeweide-Würmer (Fig. 345) und ihre Larven, welche sich im Zellgewebe höherer Thiere einnistend bald durch dieses und bald durch halb-flüssigen Darm-Stoff und dergl. fortarbeiten, wo alle Seiten für sie zur Unterlage werden und die Lokomotion in einem beständigen Bohren, Winden und Drehen besteht, ohne daß der Körper in der Richtung seiner Schwere je einer besonderen Stütze bedarf. In diesem Falle neigt sich der meist gestreckte Körper eben so wie bei absolut mangelndem Orts-Wechsel zur drehrunden Form oder er wird oben und unten fast gleich, indem kein funktioneller Gegensatz zwischen diesen beiden Seiten mehr ist, und bleiben auch alle Bewegungs-Organe überflüssig.

Fig. 345.



Trichocephalus dispar.

So haben denn, was zunächst die **Würmer** anbelangt, viele derselben und insbesondere die Wasser-bewohnenden in den frühesten Jugend-Ständen wieder Flimmer-Haare, welche die Planarien zeitlebens behalten, und mit deren Hülfe sie langsam schwimmen und gleich manchen Infusorien auch auf fester Unterlage und selbst an der Wasser-Oberfläche hingleiten können (S. 71 und 195, Fig. 47 und 116). Im reifen Alter besitzen die Gregarinen (S. 162, Fig. 78), die Faden-, Band- und Saug-Würmer bis zu den Borsten-Würmern hinan gar keine, oder nur selten kaum welche gelegentliche Bewegungs-Organe. Nur als negative Werkzeuge haben wir bei einem Theile derselben der Haken-Kränze, der Haken-Fortsätze, der Saug-Näpfe (S. 72 und 135, Fig. 48 und 76) und Klammer-Organe zu gedenken, welche dieselben entweder am Kopfe oder, was diese zwei letzten betrifft, mitten am Bauche (Distomum, S. 306, Fig. 296 F) oder am Hinter-Ende des Körpers besitzen, und mit deren Hülfe

sie sich theils für immer und ohne ihre Stelle mehr wechseln zu können, meistens aber doch nur für längere oder kürzere Zeit im Innern des Körpers oder äußerlich an den Kiemen ihrer Nähr-Thiere befestigen. Manche im Freien lebende Rund-Würmer und die Blutegel schlängeln sich sowohl schwimmend im Wasser wie auf und unter der Oberfläche des Bodens; die gewöhnliche Bewegungs-Weise der Blutegel (S. 231, Fig. 177) ist jedoch die spannende, für welche sie außer der Mund-Saugscheibe dann auch noch als eigenes Haftorgan eine zweite Saugscheibe am Hinterende des Körpers haben. Mit den Chätopoden beginnend überträgt der Rumpf die Arbeit des Orts-Wechsels an paarige Organe. Unter ihnen bewegen sich auf und in fester Unterlage die Lumbricinen schlängelnd, indem ihnen die Körper-Ringel mit den nur erst unvollkommenen Borsten dabei zur Anstemmung dienen. Ähnlich ist denn auch die Bewegungs-Weise der meisten anderen und insbesondere der langstreckigen Formen ohne (Fig. 346) und mit schon entwickelten Fuß-

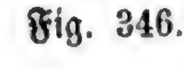
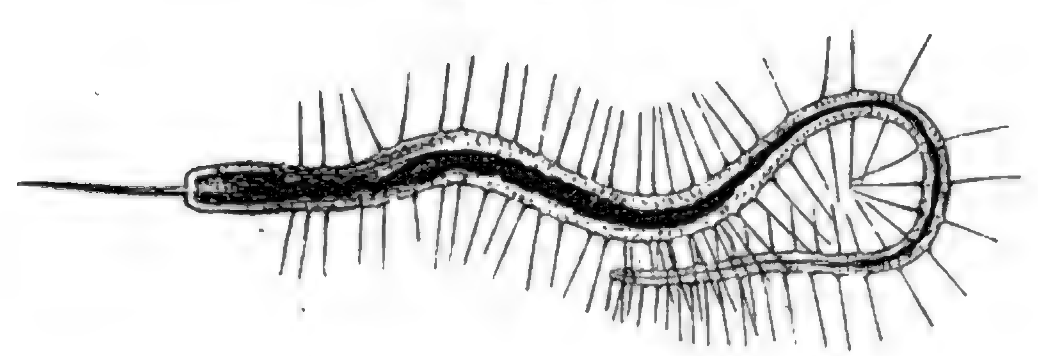


Fig. 346.



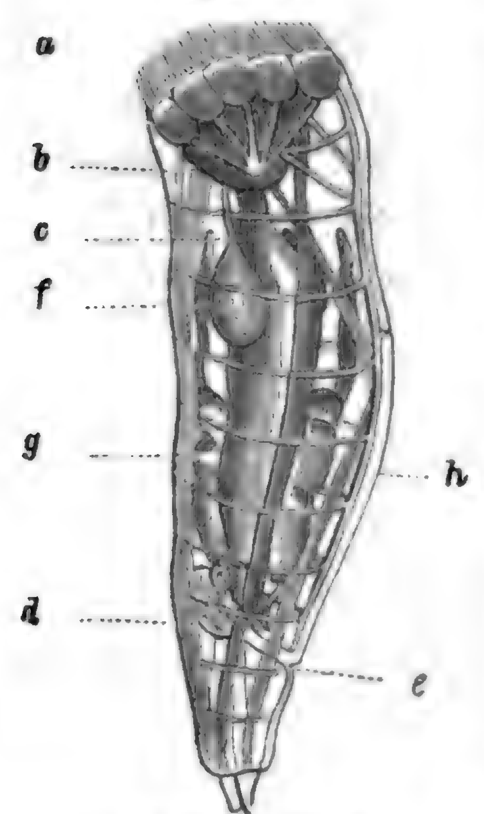
Stylaria proboscidea.

Höckern und Borsten, sei es auf dem Grunde der Gewässer, in Sand und Schlamm, oder in ihren eigenen Röhren, welche zwar irgendwo festsitzen, mit welchen sie selbst aber nicht zusammengewachsen sind; sie steigen frei darin auf und ab (S. 231, 232, 302, Fig. 180, 181, 293). Nur die kürzer und breiter gestalteten Aphroditeen und Verwandte schwimmen gewöhnlich im Meere, ohne andere Werkzeuge zu besitzen. Jene Höcker sind die ersten, obwohl noch rudimentären und ungegliederten Anfänge selbstständiger Füße, doch noch selbst nicht selbstständig, da sie gewöhnlich auch die Kiemen zu tragen haben.

Erst bei den Krusten-Thieren wird durch Ablagerung von kohlensaurem Kalke in der Chitin-Grundlage des Skelettes dieses

so fest, daß die einzelnen Glieder des Körpers und der Füße sich durch 2 Gelenke rechts und links mit einander verbinden und an-einander drehen können; außer diesen 2 Gelenken bleibt die ganze Grenz-linie zwischen den 2 Ringeln weich und häutig, um die Streckungen und Beugungen um jene zu gestatten. Auch bei den Krustern stoßen wir zunächst wieder auf Thiere ohne Füße und mit bleibender Wimper-Bewegung, wie sie sonst dem Keim-Zustande entspricht, auf Rotatorien nämlich (S. 208, 267, Fig. 138, 235; Hydatina, Fig. 347). Meistens haben sie hinten noch einen mehrgliederig Schwanz-förmigen Anhang, der wohl bei der Rückwärts-Bewegung stoßweise mit-wirken kann. Bei den übrigen Krustern jedoch, die sämmtlich bereits gegliederte Füße besitzen, treffen wir zuerst nochmals auf festsitzende Wesen, die aus Larven-Ständen mit gespaltenen und gewimperten Schwimmfüßen hervorgehen, welche sich später in Mund-Werkzeuge verwandeln. Es sind theils (S. 255 und 309, Fig. 215, 302) meerische Cirripeden, deren Füße die Form rankiger Arme besitzen, und theils Siphonostomen oder Lernäen, die para-sitisch an den Kiemen der Fische hausen und sich entweder mit kurzen Krallen-Füßen daran beliebig festklammern und ihre Stelle wechseln (S. 307, Fig. 299), oder auch unter Umgestaltung und Ver-wachsung wenigstens eines Paares der-selben unabänderlich festwachsen (S. 308, Fig. 300). Auf dritter Stufe begegnen wir dann den übrigen frei-beweglichen Entomostraca, welche gewimperte, gespaltene (S. 308, Fig. 301) oder Blatt-förmige Schwimmfüße ohne Krallen-Glieder an der Brust oder dem Abdomen besitzen, womit sie sich aber auch auf dem Boden im Wasser bewegen können. Bei den Cladoceren wirken dabei die starken ästigen Fühler als Schwimm-Apparate neben den wenigen Fuß-Paaren mit. Bei Apus mögen auch die 2 langen sogenannten Schwanz-Fäden als Steuer zu Hülfe kommen (Fig. 348). Zu-weilen besitzen die Entomostraca Schwimm- und Geh-Füße bei-

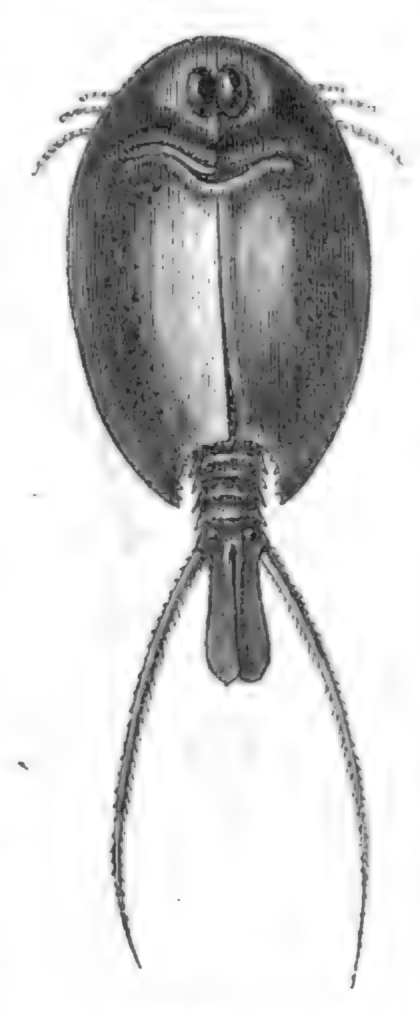
Fig. 347.



Hydatina senta.
a flimmernde Lappen (als Rä-derorgane zu selbstständig dar-gestellt), b Schlund, c Darm, d Hoden, e After, f Speichel-Drüsen, g Eierstock, h das von Ehrenberg sogenannte Rücken-Gefäß.

sammen, wie die Pöcilopoden (S. 233, Fig. 182). Und endlich haben die Malacostraca gewöhnlich lauter krallige Gehfüße (S. 93, 105, 257, Fig. 55, 62, 217; Fig. 349), unter welchen nur bei wenigen Sippen ein Paar (nur bei 2 Sippen alle) Füße am Ende mit einem Blatt-förmigen Ruder versehen sind. Gespaltene Schwimmfüße wiederholen sich bei den unächten Stomatopoden, z. B. Phyllosoma (Fig. 349, S. 346). Doch können auch die übrigen meistens zu einer schwimmenden Bewegung mitwirken, wie auch zum Gehen auf trockenem Boden dienen; während bei den makruren Dekapoden bekanntlich das Abdomen mit einer endständigen Ruder-Flosse versehen ist, welche ihnen ziemlich rasch rückwärts zu schwimmen möglich macht (S. 233, Fig. 183, 184). So bieten uns mithin die Kruster eine sehr regelmäßige vierstufige Gradation ihrer Bewegungs-Organe, wovon die drei ersten Stufen auf fortschreitender Differenzirung dieser Organe selbst, die letzte auf dem Übergang zu einer vollkommneren Bewegungs-Weise auf festem Boden beruhet. Daß aber selbst in den zwei letzten Fällen die Beine der Kruster in Beziehung theils zu den Eiern stehen, welche die Weibchen oft daran befestigt mit sich herumtragen, theils mit den Athmungs-Organen zusammenhängen, theils endlich durch Metamorphose in Mund-Werkzeuge überzugehen vermögen, also doch noch immer nicht vollständig differenzirt sind, ist schon früher gelegentlich hervorgehoben worden.

Fig. 348.

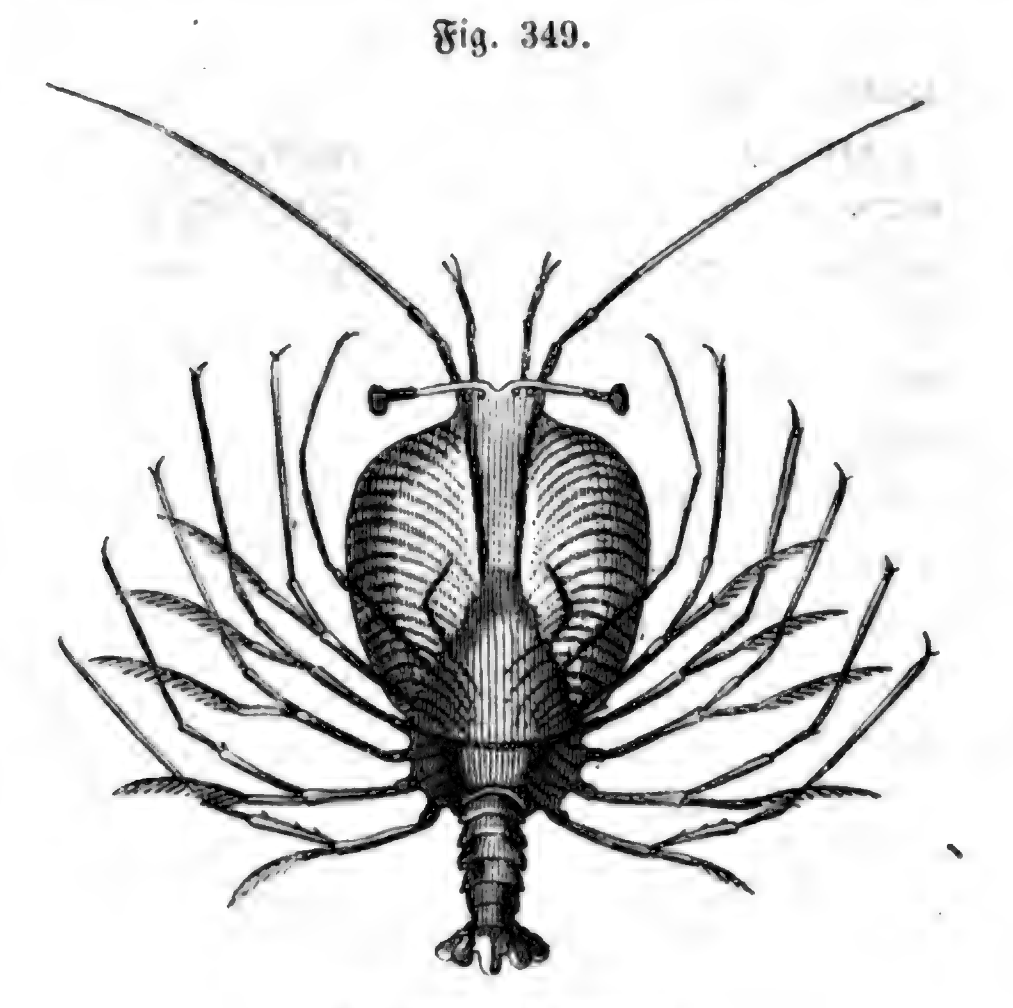


Apus productus.

Mit den im Wasser lebenden, nur im Wasser athmenden Kerbthieren hört das Entleihen anderer Organe zur Ausübung des Orts-Wechsels (oder umgekehrt) in den reifen Ständen und die Flimmer-Lokomotion auch ihrer Larven gänzlich auf, obwohl wir noch 3—2 Sippen mit früher oder später mehr und weniger verkümmerten (Macrogaster, Myzostomum, Pentastomum) oder noch wohlerhaltenen Füßen antreffen, welche gewöhnlich noch ganz ins Wasser verwiesen sind. Man rechnet sie zu den Arachnoideen, und wir

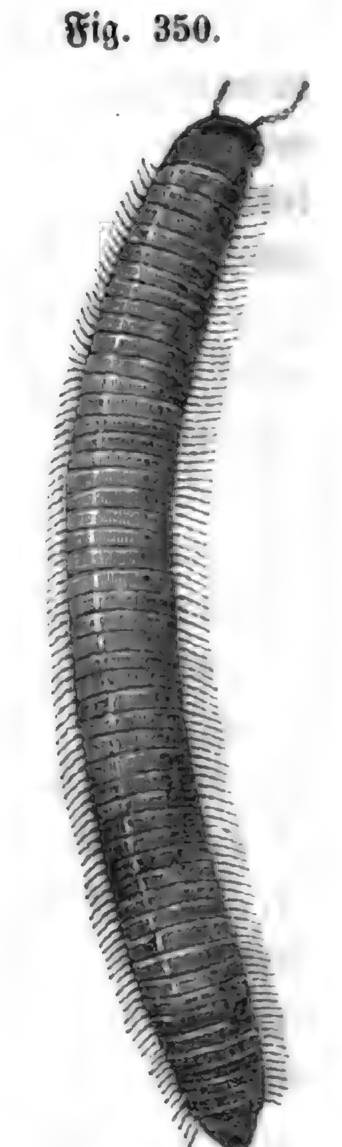
müssen der erwähnten Unvollkommenheit wegen ihrer hier schon zum Eingange gedenken, obwohl wir übrigens mit der Ordnung der Myriopoden den Anfang machen, welche sämmtlich zahlreiche kurze gedrungene gegliederte Beine unter Brust und Abdomen besitzen, einen embryonischen Charakter, durch welchen sie sich wie die Raupen der Hexapoden verhalten (Scolopendra, Fig. 63, S. 106). Merkwürdiger Weise haben die Juliden deren sogar 2 Paare an jedem Ringel und manche bis über 100 Paare im Ganzen (Julus, Fig. 350).

Fig. 349.



Phyllosoma longipes.

Fig. 350.



Julus.

Wohl ausgebildet lassen diese Beine gewöhnlich einen doppelten Schenkeldreher, Femur, Tibia und einen mehrgliederigen Tarsus unterscheiden; doch sind auch die zwei vorletzten oft noch getheilt (Fig. 351). Die Arachnoideen (S. 107 und 258, Fig. 64, 219) haben 4 Paar Brust-Beine, jedes mit 2—3 Klauen endigend; bei

Fig. 351.

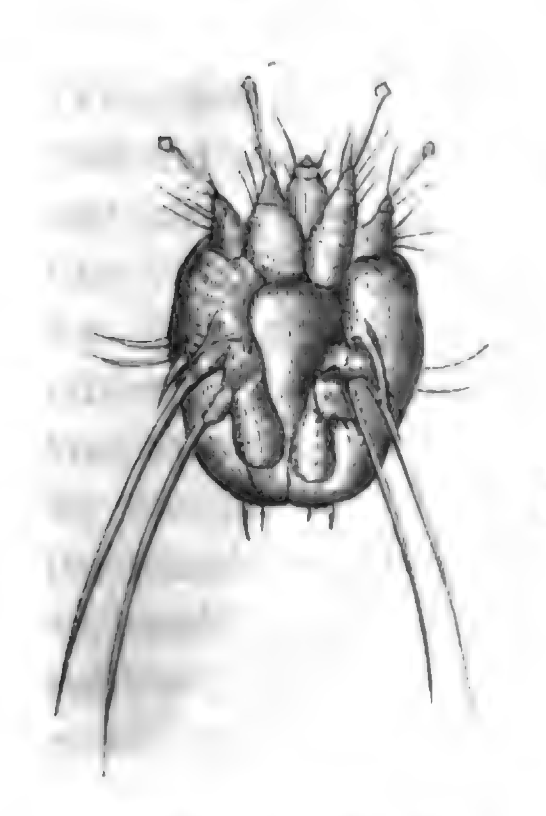


Bein eines Käfers.

Parasiten zuweilen mit Saug-Scheibchen an den Vorderfüßen versehen (Fig. 352). Die sechsfüßigen Insekten besitzen die geringste Normal-Zahl derselben, nämlich 3 Paare an der Brust, mit 1- bis

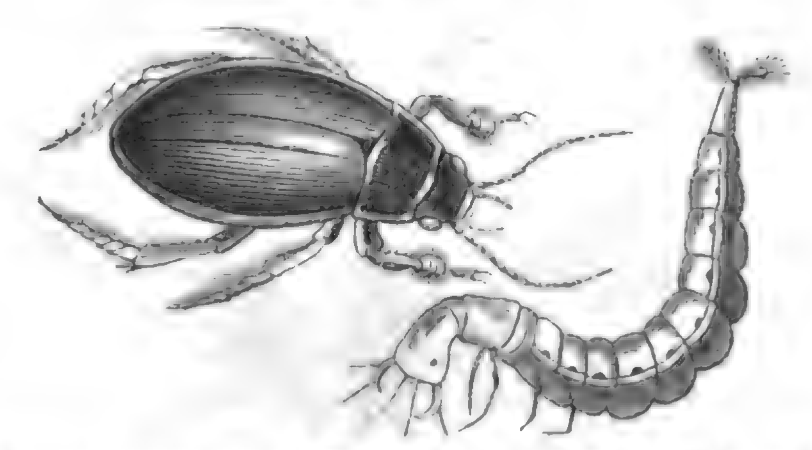
5gliederigem Tarsus und an dessen Ende fast stets mit 2 Krallen versehen (S. 93, 107, 241, 257, 311, 314, Fig. 54, 65, 197, 217, 304, 308, 310—315), nur zuweilen durch Verbreiterung und Borsten-Besatz zum Schwimmen eingerichtet (Fig. 353). Bei anderen werden die Hinterbeine zu Springbeinen, indem sich ihre Schenkel verdicken (S. 312 und 349, Fig. 307, 359). Im Larven-Zustande haben sie (als Maden, die wie Eingeweide-Würmer im Inneren von Pflanzen und Thieren leben) bald gar keine Füße; bald haben sie sechs (S. 107 und 314, Fig. 65, 310); bald besitzen sie als Raupen deren auch noch unter dem Abdomen (S. 315, Fig. 314), und unter diesen haben dann die Spanner-Raupen noch eine eigenthümliche bekannte Bewegungs-Weise. Bei den Poduren kommt zu den wohl ausgebildeten Füßen noch ein Schnell-Organ am Hinter-Ende des Körpers hinzu (Fig. 354). Bei fast allen reifen Hexapoden aber tritt außer

Fig. 352.



Sarcoptes scabiei; die Krätz-Milbe.

Fig. 353.



Dyticus marginalis; Männchen, die Vorderfüße mit Klammerscheibe, die hintere ruderartig, nebst Larve.

Fig. 354.

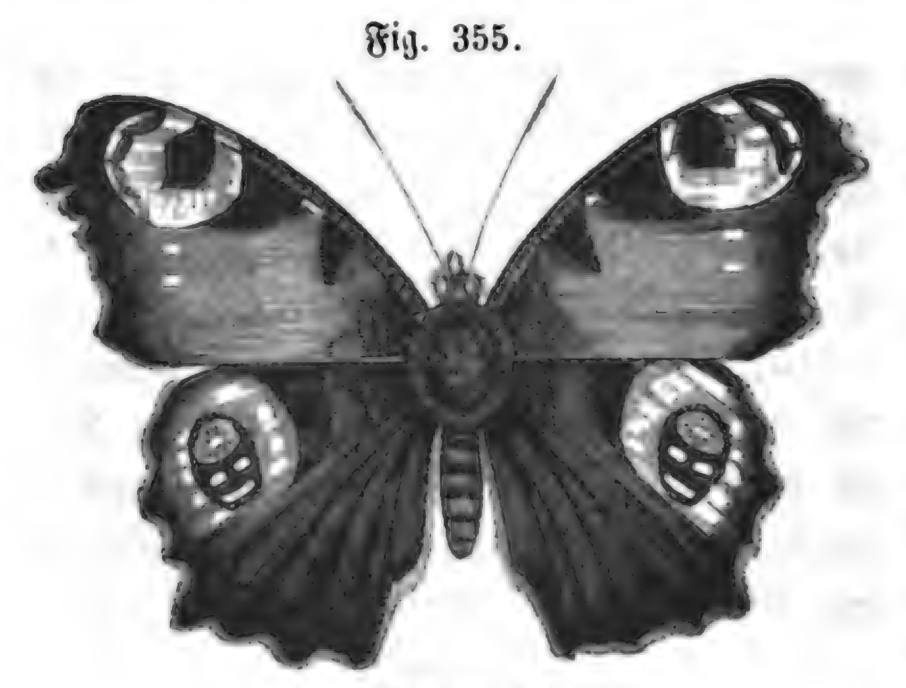


Podura villosa.

den Beinen erstmals ein Bewegungs-Organ für ein neues Element auf, in 1—2 Paar Flügeln bestehend, welche in ihrer Funktion nicht selten so überwiegend über die Beine werden, daß sich die Kerbthiere dann der letzten nur noch zum Sitzen oder zum Ergreifen ihrer Beute bedienen. Auf dem Vorkommen und der Verschiedenartigkeit dieser Flügel beruhet bekanntlich die Linné'sche Eintheilung der sechsfüßigen

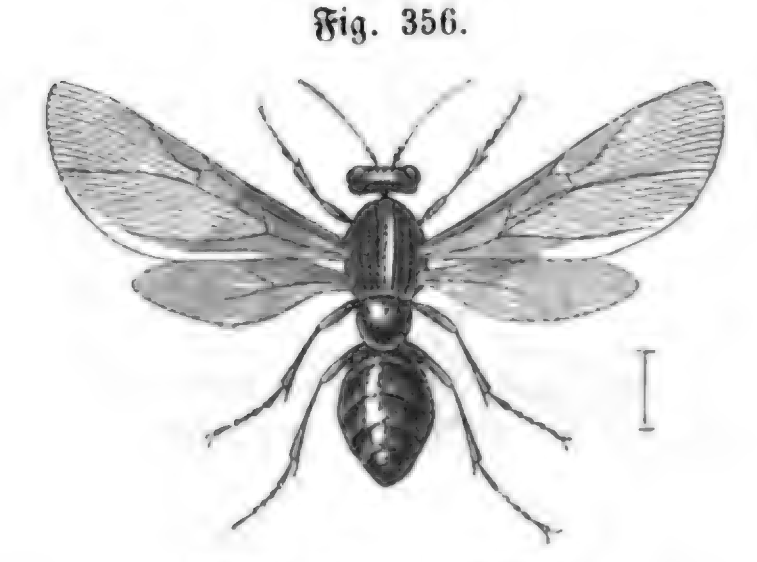
Insekten in Ordnungen. Einige derselben haben nämlich vier gleiche Flügel, welche entweder mit feinen farbigen Schuppen belegt sind wie die Lepidopteren oder Schmetterlinge (S. 311 und 315, Fig. 304, 314, Fig. 355), deren Weibchen zuweilen ungeflügelt bleiben (S. 311, Fig. 304); oder alle 4 Flügel sind nackt und durchsichtig, und in diesem letzten Falle bald weitzellig, nur von wenigen Längs-Adern durchzogen (Hymenopteren, S. 314, 316, Fig. 310, 317, Fig. 356); bald engmaschig-netzaderig (Neuroptera, Netzflügler, Fig. 357). Oder das vordere Flügel-Paar ist vom hinteren verschieden: bald Leder-artig und gar nicht zum Mitwirken beim Fluge geeignet, im Ruhe-Zustand nebeneinanderliegend und dem hinteren Paare zur Decke dienend, welches seiner größeren Länge und Breite wegen unter das vordere zurück- und zusammen-geschlagen ist (Coleoptera, Scheideflügler, Käfer, S. 107, 270, 347, Fig. 65, 240, 353,; Fig. 358); — bald sind beide ungleichartigen Flügel-Paare ungefähr gleich lang,

Fig. 355.



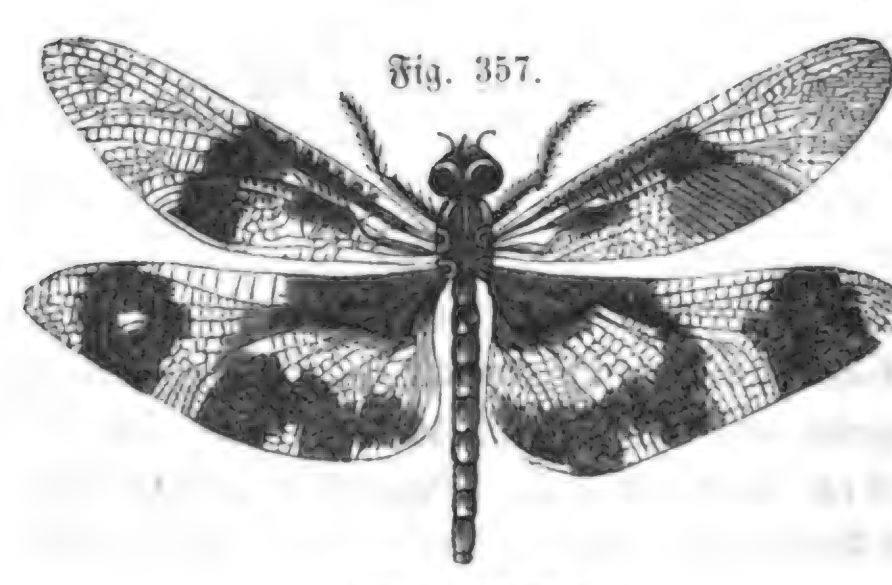
Papilio Io.

Fig. 356.



Cynips Gallae tinctoriae.

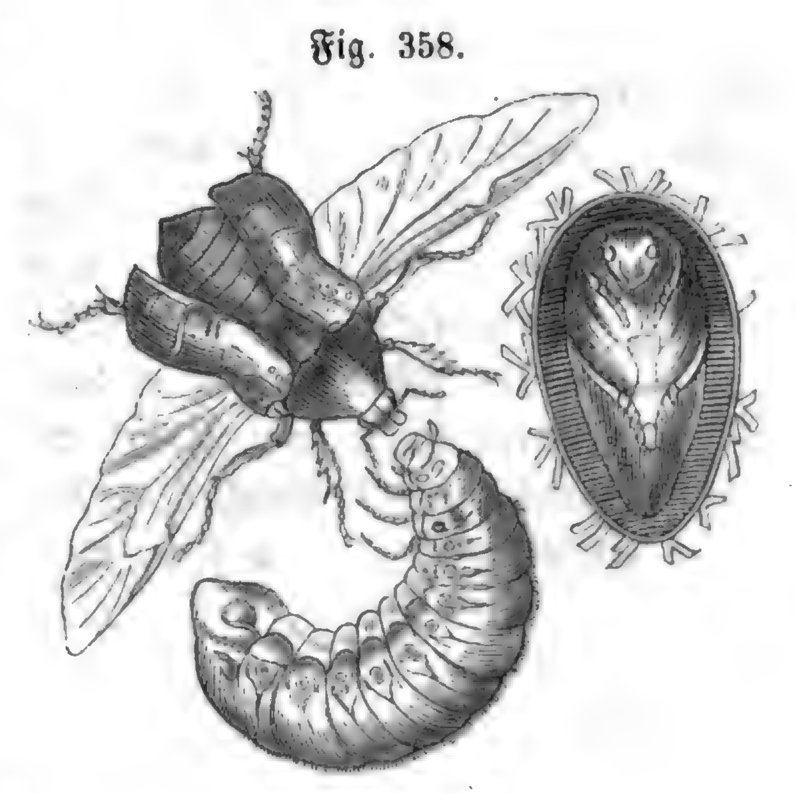
Fig. 357.



Libellula vulgata.

am Binnenrande etwas übereinander geschoben, das hintere breitere Paar Fächer-förmig unter das vordere zusammengelegt (Orthoptera, Gerad-flügler, S. 257, 312, Fig. 218, 307; Fig. 359); — bald endlich ist das vordere Paar nur an seiner Grundfläche Pergament-artig undurchsichtig, die andere Hälfte ist so wie das ganze hintere Paar häutig (die meisten oder eigentlichen Hemiptera, Halbflügeler, S. 241, Fig. 197). Die Fliegen und Verwandte besitzen überhaupt nur 2 Flügel, welche dem vorderen Paare der vorigen entsprechen (Diptera, Zweiflügler, S. 314, Fig. 311, 312; Fig. 360). Beispiele von ungeflügelten Hexapoden haben wir schon angeführt (S. 311 und 347, Fig. 304, 354).

Fig. 358.



Cetonia aurata.

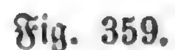
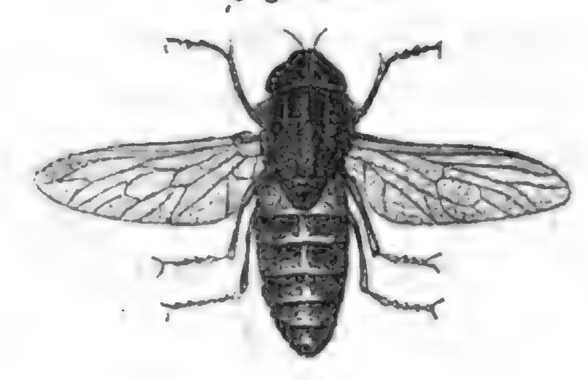


Fig. 359.



Acrydium migratorium.

Fig. 360.



Tabanus bovinus.

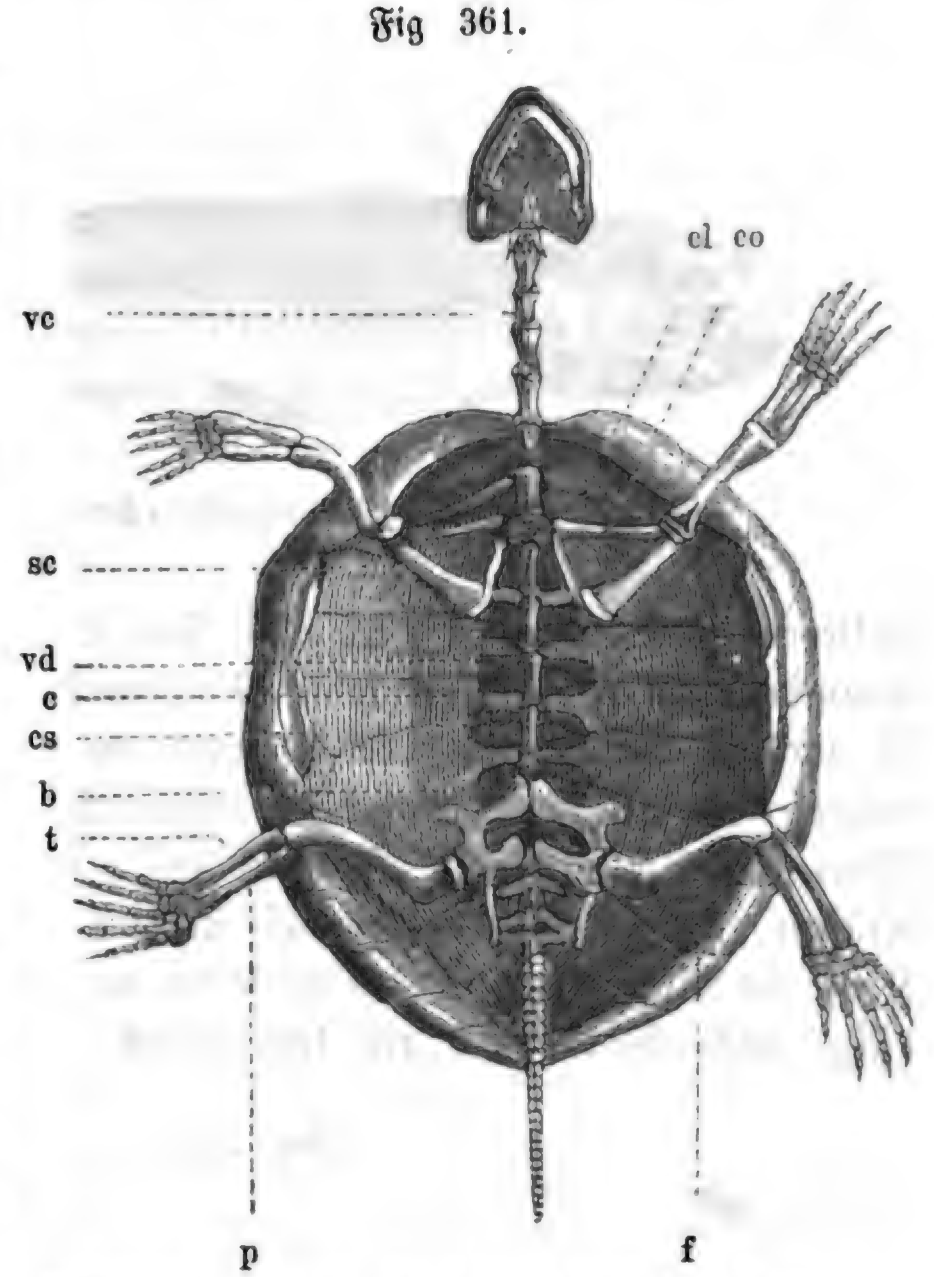
Der ausgezeichneten Fähigkeit des Orts-Wechsels bei den **Wirbelthieren** liegt ihr innerer Skelett-Bau zu Grunde, die bewegliche Wirbelsäule meist mit vier wohlgegliederten Extremitäten, welche durch Schulter-Apparat und Becken in solider Verbindung mit ihr stehen, wozu dann häufig ein gegliederter Schwanz und oft noch unpaare Flossen und andere Hülfswerkzeuge kommen. Es ist die Aufgabe der Wirbelsäule nicht nur eine gegliederte Achse für den ganzen Körper abzu-

geben, an welche sich die übrigen Skelett-Theile befestigen und durch welche sie sich selbst in dieser Weise in mittelbare Verbindung bringen, sondern auch die Haupt-Theile des Nerven-Systems, das Gehirn und Rückenmark einzuschließen und zu schützen, daher bei verschiedenen Umgestaltungen des Skelettes bald der eine und bald der andere Theil desselben verkümmern, nie aber die Wirbelsäule fehlen kann, welche auch das erste ist, was sich mit dem Rückenmark im werdenden Fötus unterscheiden läßt. Bei einem Theile der Fische und den unvollkommneren Reptilien bleibt das Knochen-Skelett lebenslänglich noch in embryonischem Knorpel-Zustand und die Wirbelbeine verbinden sich nur durch konkave Gelenkflächen mit einander; bei den übrigen Thieren dieser zwei Klassen vereinigen sich die von den einzelnen Verknöcherungs-Punkten der Knochen aus entstehenden Theile des Schädels, der Wirbel u. s. w. nur unvollständig durch Schuppen-Nähte; bei den höheren Klassen ist Dieß nur in frühester Jugend der Fall und bleiben in reifem Alter nur die Haupt-Beine allein mittelst der Zacken-Näthe unterscheidbar, die ihre Grenze noch bezeichnen. Mit Ausnahme der Schildkröten, wo ein knöcherner Haut-Panzer sich außer dem inneren Skelette bildet und in so eigenthümlicher Weise mit ihm verbindet, daß ein Theil der Muskeln sich mehr nach innen zurückziehen muß (Fig. 361), liegen die Muskeln meistens einfach von außen her am Skelette an.

Nur bei Wasser-Thieren vermag das Binnen-Skelett auf so niedriger Stufe der Vollkommenheit zu entstehen und zu genügen, wie wir es zuerst bei den Fischen vorfinden, weil es hier nur einen Theil der Funktionen übernimmt, die ihm bei Land- und Luft-Bewohnern zugewiesen sind. Es hat nämlich nur das Gehirn und Rückenmark zu bergen und die einzelnen Skelett-Theile zusammenzuhalten, aber weder das Gewicht des daran aufgehängten Körpers als dessen Stütze zu tragen, da dieser im Wasser von ungefähr gleicher Eigenschwere schwebend gehalten wird, noch hat es den rudimentären Lokomotions-Organen kräftige rotirende Gelenk-Verbindungen darzubieten, da diese den Körper in jenem nur forttreiben, nicht heben sollen. — So ist die höhere Differenzirung der Funktionen und Organe der Bewegung, wie wir sie bei den Land-Thieren finden, bei den Fischen noch nicht nothwendig und kann ein verhältnißmäßig rudimentäres Skelett ihrem Bedürfnisse genügen. Aber eben der Umstand, daß ein kräftiger Orts-Wechsel bei den Fischen vorzugsweise und oft allein durch die Krümmungen der Wirbelsäule nach

Rechts und Links bewirkt werden muß (wie bei einem Schiffchen, das schon durch die Bewegungen seines Steuers nach rechts und links im Wasser vorwärts getrieben werden kann), während die Extremitäten weniger oder nichts dazu beitragen, erheischt einestheils eine Erhöhung des Körpers durch lange Dorn-Fortsätze und vertikale Flossen wenigstens für die angedeutenden Fälle, anderntheils eine eigenthümliche Anordnung der Muskeln in Schichten, deren Anzahl der der Wirbel entspricht und welche oft noch durch Zwischen-Gräthen verstärkt werden.

Fig 361.



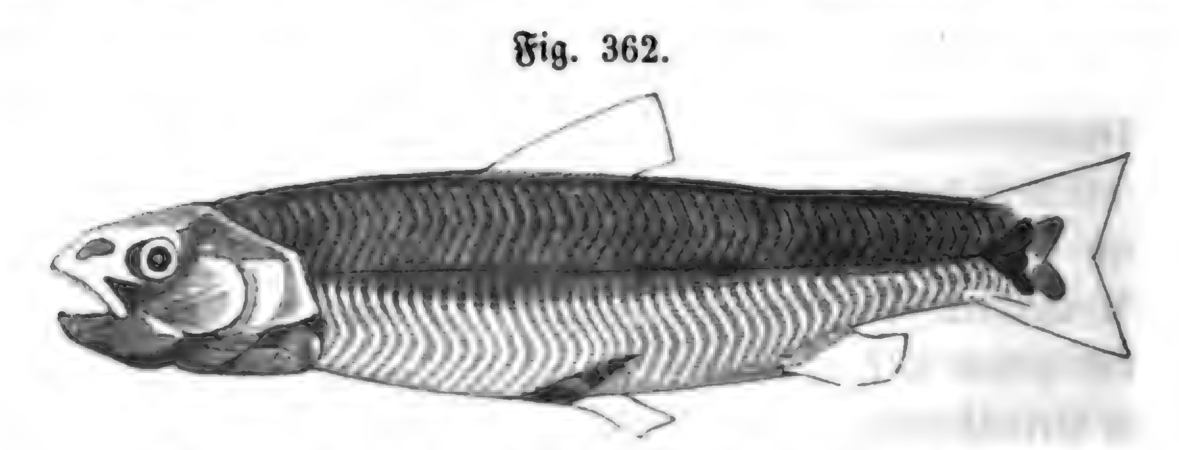
Schildkröten-Skelett mit abgehobenem Bauch-Schild. vc Halswirbel, sc Schulterblatt, co Rabenschnabelbein, cl Schlüsselbein, vd Rumpfwirbel, c Tafel-förmige Rippen, cs Randknochen, b Becken, f Oberschenkel, t, p Unterschenkel-Knochen.

Doch gehen wir nun zur Betrachtung der Fische im Einzelnen über (Fig. 362, S. 352).

Nach allen unseren bisherigen Wahrnehmungen wird man erwarten, daß die Bewegungs-Organe der Fische nicht nur unvollkommener als bei den höheren Wirbelthieren, sondern trotz des inneren Knochen-Skelettes sogar auf tieferer Stufe als bei den vollkommneren Kerbthieren zu finden, und es ist in der That so. In geringem Grade kann die Fortbewegung der Fische wieder, wie bei den Quallen und Sepien, durch das aus den Kiemen rückwärts ausgestoßene Wasser vermittelt werden, und wir haben oben gesehen, daß der unvollkommenste aller Fische, der Amphioxus (S. 216, Fig. 149), bei der Einathmung des Wassers lebenslänglich der

Mitwirkung der Flimmer-Haare genießt; die Brust- und Bauch-Flossen, welche sonst die vier Extremitäten repräsentiren, fehlen gänzlich; es ist der gesammte Wirbelstrang von nicht einmal knorpeliger Konsistenz oder vielmehr der gesammte Körper, welcher in Verbindung mit einer langen und niederen Rücken- und After-Flosse seine Voran-bewegung durch abwechselnde Krümmung nach Rechts und Links zu Stande bringt. Eben so ist es bei den sich unmittelbar an ihn an-

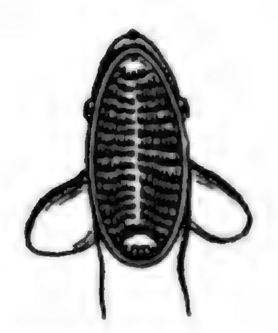
Fig. 362.



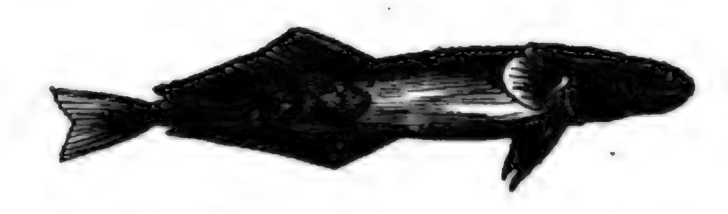
Fisch mit seinen den Wirbeln entsprechenden Muskel-Lagen.

schließenden Cyclostomen (S. 273, Fig. 248), nur daß bei ihnen wenigstens im reifen Alter keine Wimpern-Bewegung mit im Spiele ist und die Verlängerung des Körpers ein mehr schlängelndes Vorwärtstreiben gestattet; oft jedoch saugen sie sich an andere Wasser-Thiere, an Schiffe u. s. w. an und lassen sich so von ganz fremden Kräften, ähnlich wie es Echeneis mittelst der Saugscheibe auf dem Kopfe im Meere thut, Strom-an schleppen. Auch die Plagiostomen (Fig. 363) haben noch ein knorpeliges, aber doch schon festeres

Fig. 363.



Saugscheibe von



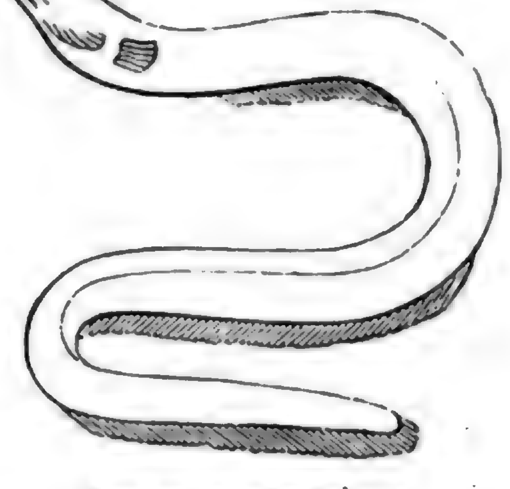
Echeneis remora.

Skelett. Von hier an treten die 4 normalen Extremitäten in Flossen-Form als hauptsächliche Lokomotions-Organe auf (S. 234, 258, 354, Fig. 186, 220, 366), obwohl der kräftige Schwanz und die Schwanz-Flosse, wenn beide hoch und zusammengedrückt sind und auch die Höhe des Keil-förmigen Rumpfes noch durch vertikale Rücken- und

After=Flossen verhältnißmäßig vermehrt ist, durch die einem Steuer nachgeahmte abwechselnde Bewegung nach Rechts und Links wenigstens eben so viel leisten können; ja oft scheinen in der That die vierpaarigen Flossen mehr die Richtung als die Voranbewegung des Körpers zu bedingen. Indessen fehlet oder verkümmert nicht selten auch bei den Knochen=Fischen eines der zwei Flossen=Paare (S. 273, Fig. 248, Fig. 364); oder es fehlen sogar beide, insbesondere bei Schlangen=förmig gestaltetem Körper der Aale, wo das Schlängeln des Körpers (wie schon bei den Blutegeln beobachtet worden) im Wasser und selbst eine Zeit lang auf trocknem Lande für die Voranbewegung ausreichend ist. Mitunter hängen die Wurzel= oder Schulter=Knochen der vorderen Extremitäten mit dem Schädel zusammen (Fig. 365), und es zeigt sich, daß Dieß sogar die originäre Lage des Schulter=Gerüstes der Wirbel=Thiere und daß die Verschiebung desselben rückwärts bis an die Brust zwar der bei anderen Fischen und allen höheren Wirbel=Thieren gewöhnliche Fall, aber doch immerhin nur eine sekundäre Abweichung vom ersten Typus ist.

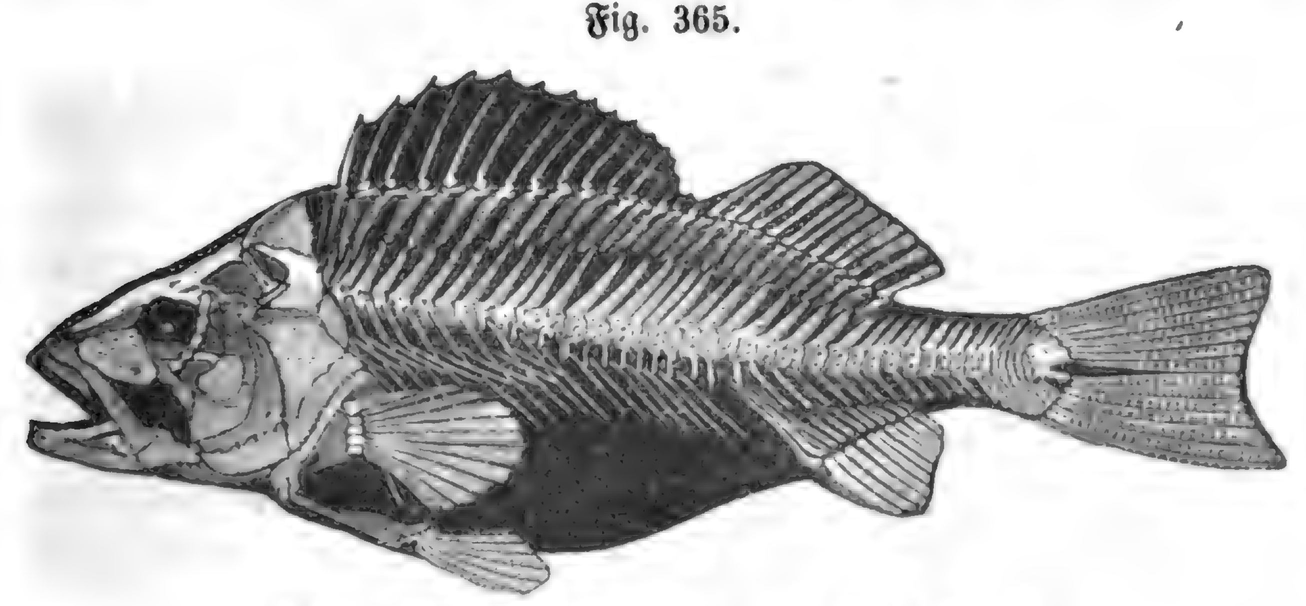
Fig. 364.





Gymnotus electricus.

Fig. 365.

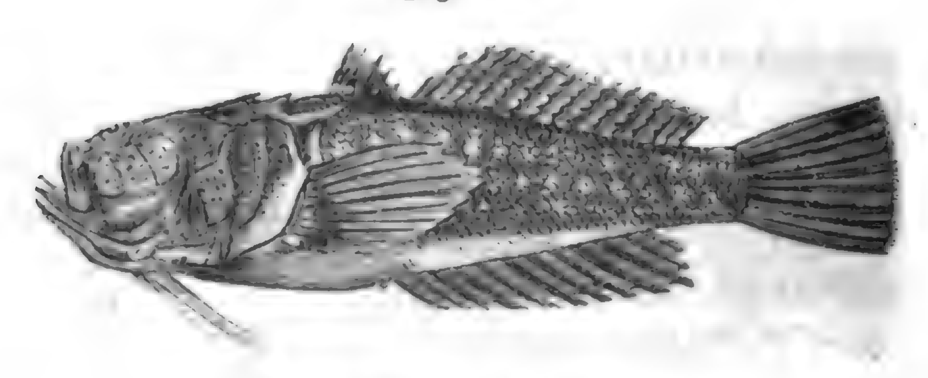


Skelett von Perca fluviatilis, dem Fluß=Barsch.

Damit steht denn in Zusammenhang, daß bei vielen Fischen auch das Bauchflossen=Paar so weit voranrückt, daß es unter (Fig. 365) oder selbst vor (Fig. 366, S. 354) die Brust=Flossen zu stehen kommt. Eine noch weitere Verstärkung des Flossen=Apparates ist dadurch

bedingt, daß die Flossen-Strahlen insbesondere der unpaaren Flossen, welche sonst wie gegliedert weich und biegsam sind, wenigstens zur Hälfte steif und ungegliedert werden (Fig. 365). Alle diese Strahlen sind auf eben so viele kurze Interspinal-Beinchen angelenkt, die senkrecht zwischen den hohen Dorn-Fortsätzen der Wirbel im Fleische stecken, so daß sie sich aufrichten und niederlegen können (Fig. 365). Die

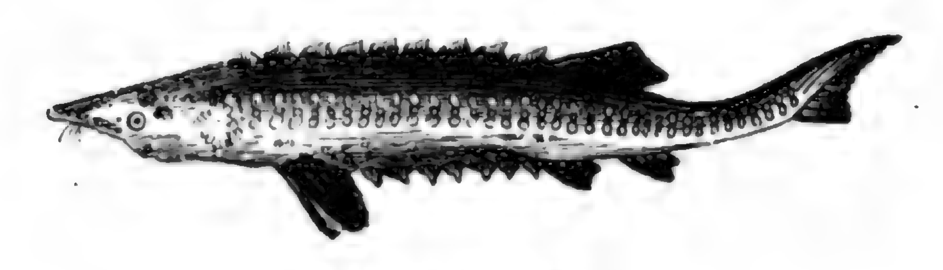
Fig. 366.



Uranoscopus scaber.

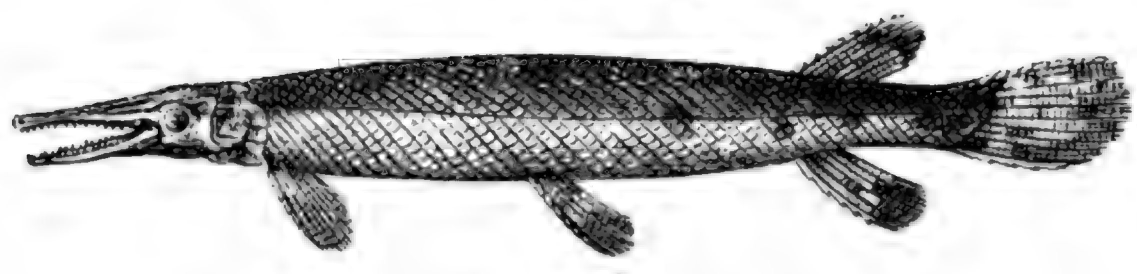
stets vertikale Schwanz-Flosse ist bei Knorpel-Fischen (Carcharias, S. 234, Fig. 186; Pristis, S. 258, Fig. 220) und den meisten der ihnen zunächst verwandten Ganoiden-Fische (Fig. 367, 368) ungleich

Fig. 367.



Acipenser sturio.

Fig. 368.

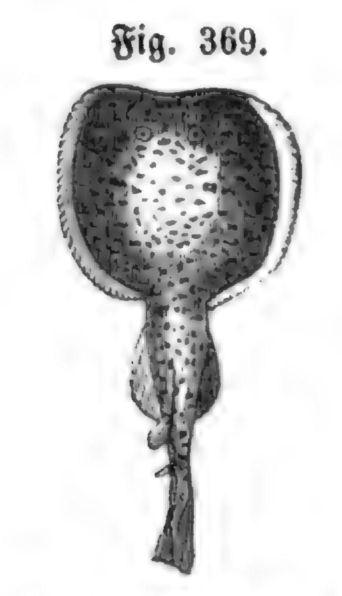


Lepidosteus.

und zweilappig, indem die Wirbelsäule selbst in die Spitze des oberen Lappens fortsetzt (Heterocerci); bei den übrigen gewöhnlichen Knochen-Fischen aber immer gleichlappig (Homocerci), indem diese Flosse vom letzten Schwanz-Witbel an sich gleichmäßig auf- und ab-wärts ausbreitet (Fig. 365 rc.). Der Orts-Wechsel der Fische bleibt von

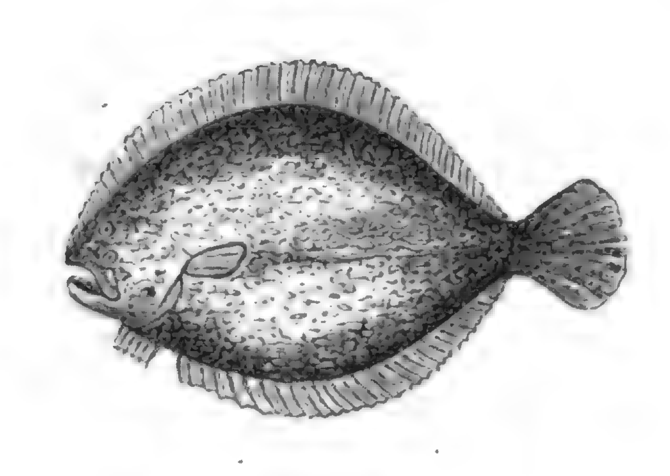
den Flossen abgesehen um so unvollkommner und unenergischer, je mehr ihre Form von der vorher beschriebenen kräftigen Keil-Form mit vollständigen Paar- und Vertikal-Flossen abweicht, insbesondere wenn dieselbe ganz flach-gedrückt oder von beiden Seiten sehr zusammengedrückt ist, wie Jenes bei Lophius, Torpedo (S. 259, Fig. 222; Fig. 369), Raja, Dieses bei Zeus, Vomer, Argyreiosus und den Pleuronekten (Fig. 370) stattfindet, einer Familie, welche noch dadurch merkwürdig

Fig. 369.



Torpedo marmorata.

Fig. 370.

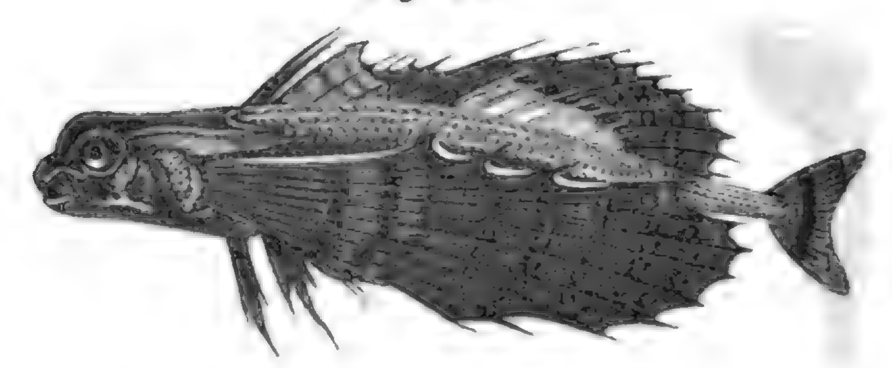


Pleuronectes maximus.

ist, daß sie beide Augen auf einer Seite, ein schiefes Maul, eine wölbige dunkel-farbige und stark beschuppte und eine flache helle schwach-schuppige Körper-Seite, rundum laufende Vertikal-Flossen und schwache Paar-Flossen besitzt, von welchen auch die eine Brust-Flosse etwa an der Kehrseite fehlen kann. Es sind also durchaus unsymmetrische Thiere, wie sie außer vielen Mollusken-Sippen nirgends wieder vorkommen; sie halten sich in der Nähe des See-Grundes auf, stets mit der blassen Seite nach unten gewendet. Außerdem sind als vereinzeltere Erscheinungen zu erwähnen: das schon angedeutete Vermögen der Aale, schlängelnd und mit fest-verschlossenen Kiemen-Deckeln aufs Land zu gehen; — das Vermögen mancher „Labyrinthici“ (S. 234, Fig. 185), mittelst zweier starken Stacheln ihrer Bauch-Flossen, die sie wie zwei Beine abwechselnd voreinander setzen, stundenlange Reisen über Land zu machen, wobei die Labyrinth-Form einiger Schädel-Knochen (S. 235, Fig. 187) ihnen dient, einen Wasser-Vorrath zur Befeuchtung der Kiemen mitzunehmen; — und das Vermögen einiger Fische, mittelst verlängerter Brust-Flosse sich fliegend auf eine kurze Strecke über das Wasser zu erheben (Fig. 371, S. 356). Die Hebung und Senkung der Fische im Wasser wird bei manchen Familien derselben

durch eine mit Luft erfüllte Schwimmblase vermittelt, welche mit dem Schlunde in Verbindung steht und zuweilen grobzellig wird, bis sie bei Lepidosiren in eine wirkliche Lunge übergeht, wie schon früher angeführt worden (S. 242, Fig. 198), so daß diese Sippe als eigene Gruppe dipnoer Fische den Übergang zu den dipnoen Reptilien vermittelt. — So beginnt sich auch bei den Fischen durch fortschreitende Differenzirung des Skelettes und Entwickelung selbstständiger Lokomotions-Organe auf Kosten der accessorischen eine Stufen-Leiter aufzubauen, die mit zwei Knochen- und Flossen-losen kleinen Familien (Amphioren und


Fig. 371.



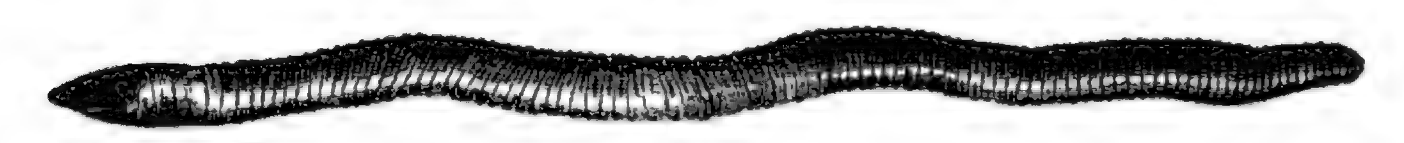
Dactyloptera volitans.

Cyclostomen) beginnt und durch die ebenfalls noch ganz knorpeligen Plagiostomen und wenigstens noch theilweise knorpeligen Ganoiden (Eckschupper) zu den Knochen-Fischen mit weichen und endlich zu denen mit harten Flossen-Stacheln übergeht, wenn auch nicht übersehen werden darf, daß die Plagiostomen wenigstens nach einigen anderen Organisations-Beziehungen eine höhere Stufe zu beanspruchen berechtigt erscheinen. Dagegen ist es kaum möglich, auf die Anwesenheit und Stellung der Paar-Flossen eine weitere regelmäßig fortschreitende Gradation zu gründen, da hier gleiche Verhältnisse in gar verschiedenen Familien auftreten und diese Organe, wie alle, die sich eben erst zu entwickeln beginnen, noch viel Unstätes zeigen. Durch ihre Kiemen, Flossen und gewöhnliche Körper-Form noch wesentlich dem Wasser angehörend, ist die Klasse der Fische ganz eigentlich berufen, die tiefste Stufe des Wirbelthier-Systems, womit dasselbe im Wasser gründet, zu bilden und hier das innere Knochen-Skelett zur ersten Entwickelung zu bringen; — den Reptilien dagegen ist die doppelte Aufgabe geworden, dasselbe von Stufe zu Stufe aufs Land zu versetzen, den Bedingungen des Lebens auf dem Lande anzupassen und es ihnen entsprechend zu vervollkommnen, indem sie die Verknöcherung vollenden, die Wirbel durch stärkere

Fortsätze und Ausfüllung der vertieften Gelenk=Flächen fester mit einander verbinden, so die Tragkraft der Wirbelsäule zwischen beiderlei Extremitäten verstärken, Form und Funktion der Wirbel verschiedener Regionen differenziren, das Schulter= und Becken=Gerüste vervollkommnen und deren Verbindung mit der Wirbelsäule befestigen, die Vorder= und Hinter=Beine kräftigen, die Zehen ansetzen, alle diese Theile durch Gelenke beweglich mit einander verbinden und so die Bewegung und Stützung des Körpers mittelst der 4 Beine auf fester Unterlage ermöglichen.

Diese Anpassung des Skelett=Baues an die Bedingungen des Land=Lebens sieht man bei den Reptilien viermal sich vollenden: einmal bei den Dipnoen und dreimal bei den Monopnoen. Beide beginnen entweder mit langen Aal=förmigen Gestalten ganz oder fast ganz ohne Füße, welche im Wasser schwimmen und auf dem Lande kriechen können, und endigen mit vierfüßigen und von ihren Füßen auf trockenem Boden getragenen Typen oder ruderfüßigen Fisch=ähnlichen Formen. Unter den noch mit Kiemen und Lungen zugleich versehenen Sippen sind noch einige mit unvollkommen verknöchertem Skelette. Fußlos beginnen dieselben mit den Cäcilien (Fig. 372),

Fig. 372.



Siphonops mexicanus.

die man lange zu den Schlangen gesellte; zwei Paare kurzer oder schwacher 2=, 3= — 5zehiger Füße, zum Theil mit Schwimmhäuten zwischen den Zehen, haben die Ichthyoden (S. 235, Fig. 187 a;

Fig. 373.

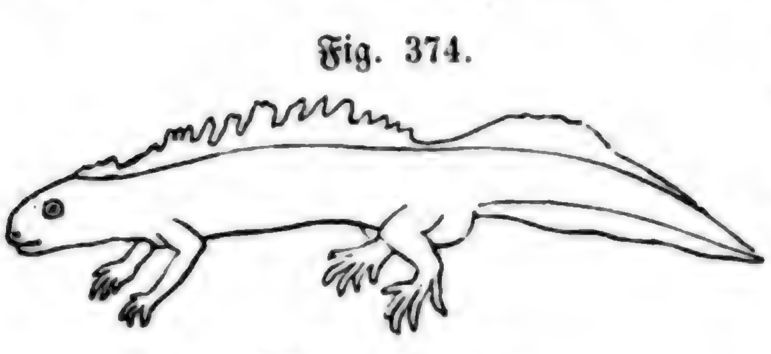


Proteus anguineus.

Fig. 373); stärkere 4= — 5zehige niedere und auswärtsstehende Beine die Salamandrinen (Fig. 374, S. 358), welche, wenn sie das Wasser verlassen, noch immer den langen Körper auf dem Boden

hinschleppen; eigentliche Geh- und Hüpf-Beine bei verkürzter Wirbelsäule bekommen endlich die Kröten und Frösche (S. 320, Fig. 323; Fig. 375), nachdem sie den Schwanz, der ihnen früher als ausschließlichen Wasser-Thieren noch unentbehrlich gewesen, bei der Metamorphose zurückgelassen haben. Auch sie besitzen theils noch Schwimmhäute zwischen den Zehen (Pipa, S. 319, Fig. 322), wenn sie viel im Wasser leben,

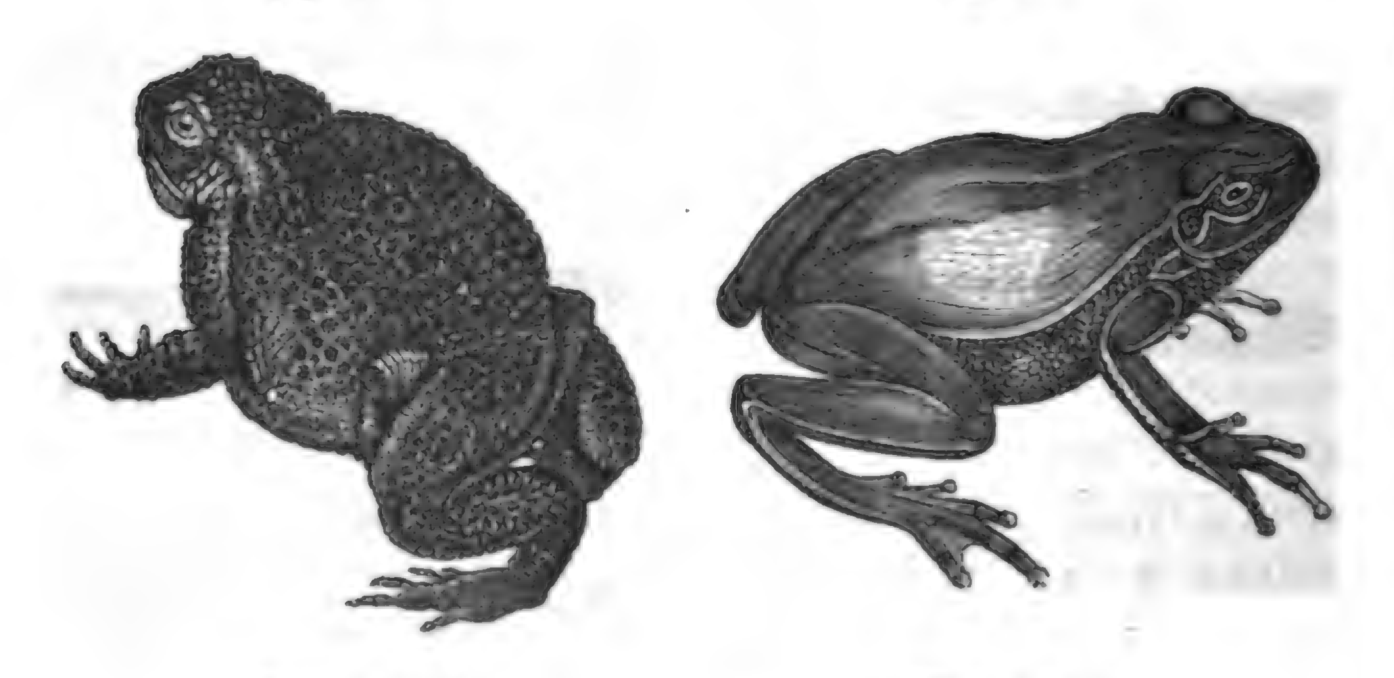
Fig. 374.



Triton cristatus.

theils Saug-Scheiben an deren Enden, um an Wasser- und anderen Pflanzen in die Höhe steigen zu können (Fig. 376). Eben so beginnen die Monopnoen mit den Schlangen mit lang-gestreckter, oft viel mehr als 100 Wirbel zählender Wirbelsäule, ohne äußere Füße,

Fig. 375. Fig. 376.

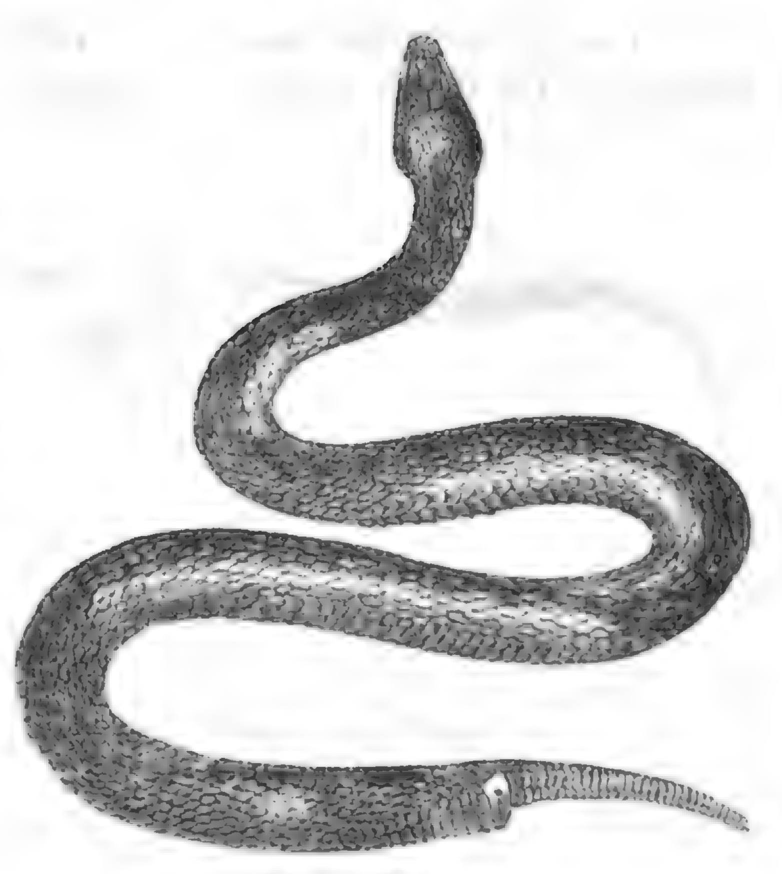


Bufo vulgaris. Hyla arborea.

ohne inneren Brust- oder Schulter-Apparat und meist ohne Spur von Becken (Fig. 377), einige Wasser-Schlangen zusammengedrückt und mit Ruderschwanz (Hydrinen, Fig. 378), einige mächtige Land-Schlangen (die Boen) mit Stachel-förmigen Rudimenten der Hinterfüße und einem Greif- oder Klammer-Schwanze. Den gänzlichen Mangel der Füße können diese Thiere nur durch die bedeutende Vermehrung der Wirbel ersetzen, welche es ihnen immerhin möglich macht, schlängelnd aber rasch im Wasser wie auf dem ebenen Boden fortzugleiten, den Vorderkörper in die Luft auf-

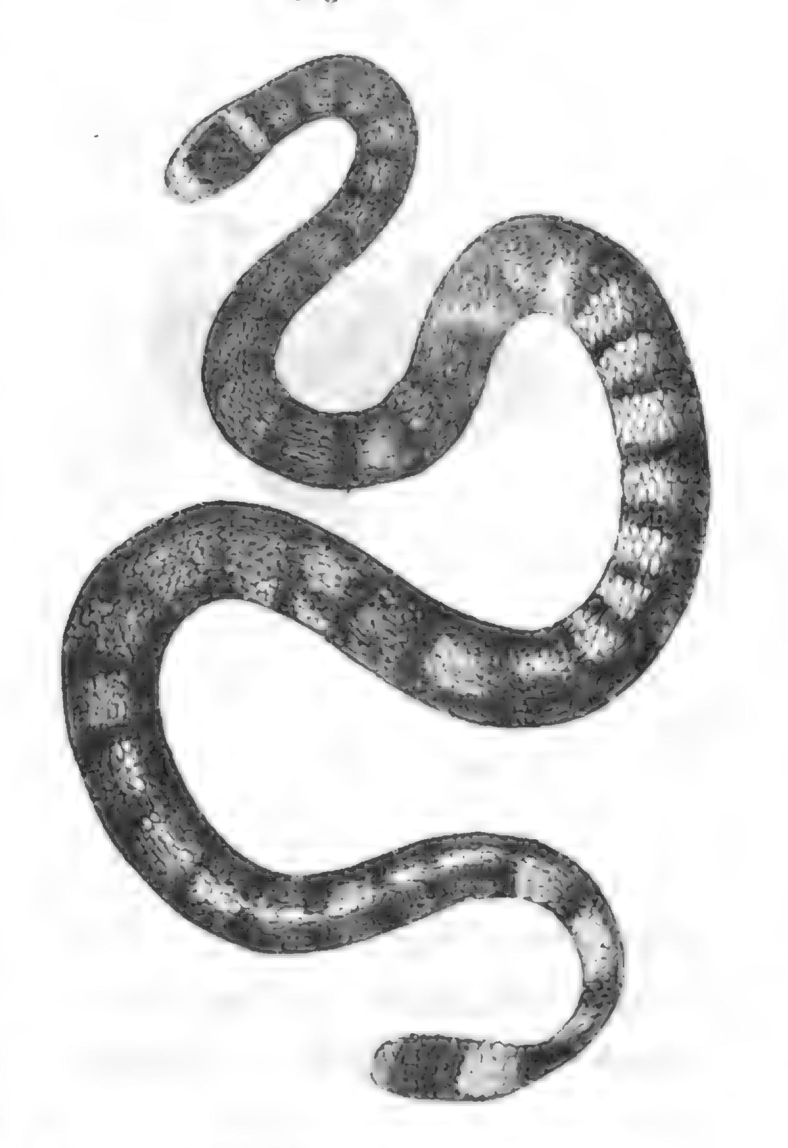
zurichten, sich an Bäumen emporzuwinden, selbst ihre Beute zu umschlingen, zu bewältigen und zu tödten. Die Bewegungs-Organe sind noch so wenig differenzirt, daß die Wirbelsäule allein verrichten muß, was sonst Funktion ihrer Anhänge ist. — Bei den geringelten und geschüppten Sauriern treffen wir ebenfalls zunächst noch auf einige Fuß-lose und langstreckige Formen (Amphisbaena, Anguis, Ophiosaurus u. s. w.), wo aber schon Becken- und Brust-Gürtel im Inneren sich einstellen; dann kommen bei anderen Sippen 2—4 kurze Fuß-Stümmel, die oft nur wie kleine Schuppen am Körper liegen, zum Vorschein (Fig. 379, S. 360); in anderen erreichen sie den Boden und fangen an sich in 2, 3—5 Zehen zu theilen (Fig. 380, S. 360), während der Rumpf sich in gleichem Verhältnisse mit ihrer Entwickelung verkürzt, — und nun erst beginnen sie bei der Lokomotion mitzuwirken, indem sie immer stärker und kräftiger werden. Ja sie passen sich in verschiedenen

Fig. 377.



Vipera berus.

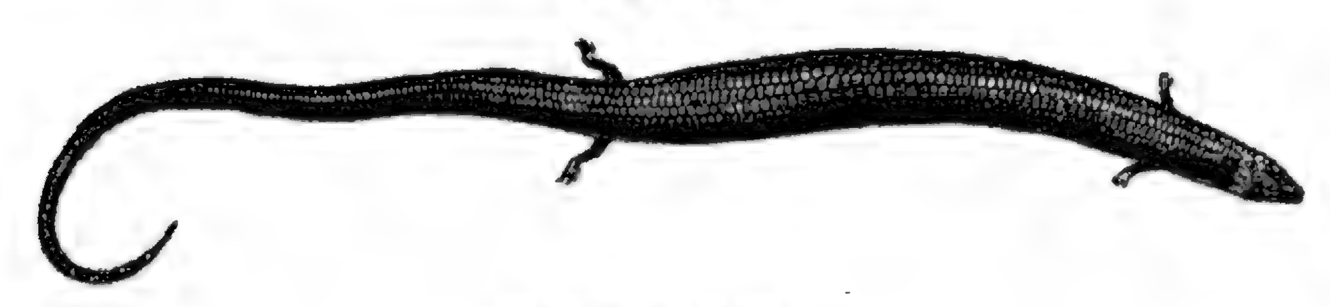
Fig. 378.



Hydrophis colubrina (Schwimmschwanz).

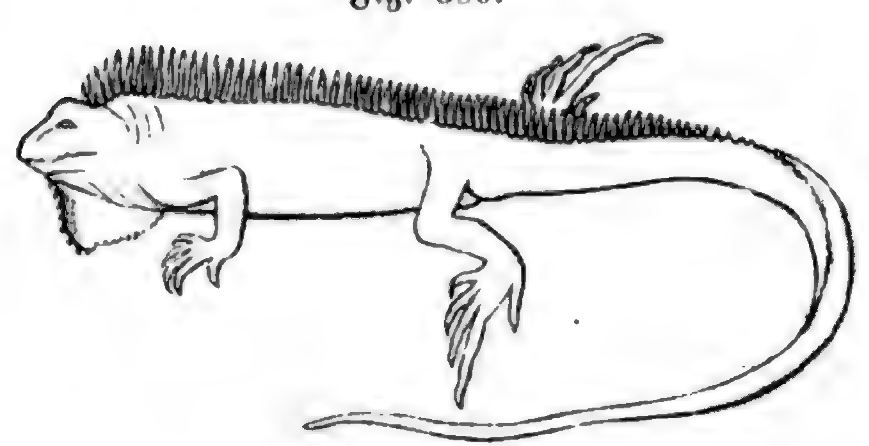
Sippen verschiedenen äußeren Existenz-Bedingungen manchfaltig an; scharfrandig und kurzzehig dienen sie den Szinken zum Einwühlen in die Erde; breit und mit blätteriger Sohle machen sie den

Fig. 379.



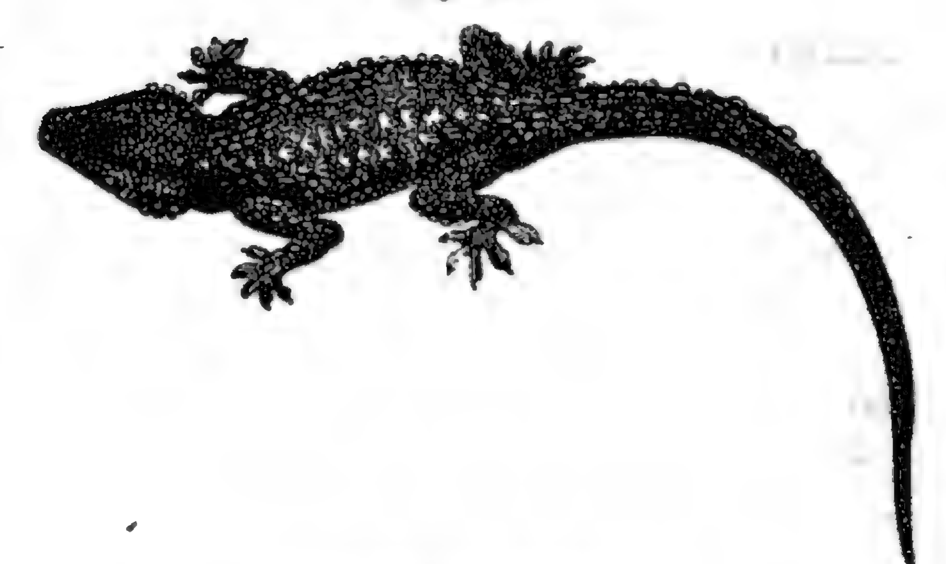
Zygnis chalcidica.

Fig. 380.



Iguana tuberculata.

Fig. 381.

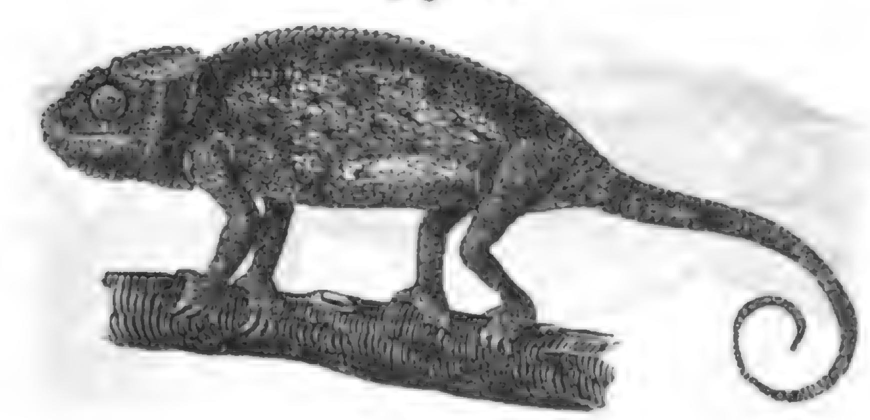


Platydactylus fascicularis.

Geckonen das Klettern an steilen rauhen Wänden leicht (Fig. 381); durch Entgegensetzung von je 2 und 3 Zehen an allen 4 Händen und einen Wickel-Schwanz vermögen die Chamäleonen sich noch auf dünnen Zweigen zu halten (Fig. 382), während die zu rascherem Laufe auf sicherer Unterlage bestimmten Sippen 5 lange krallige

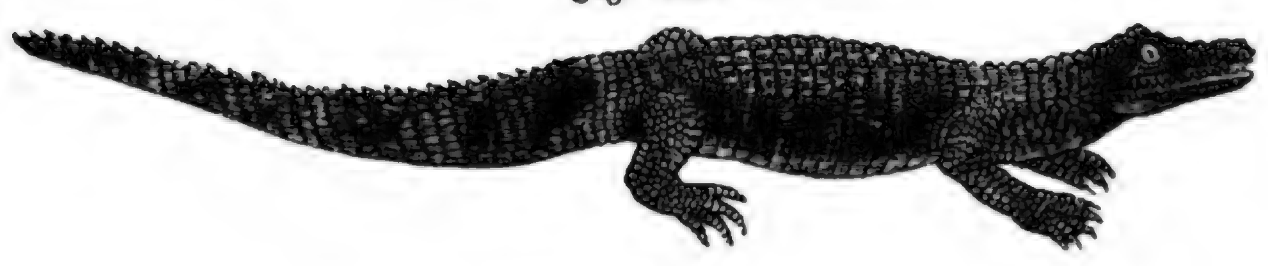
Zehen von ungleicher Länge besitzen (Fig. 380). Bei den Wurzelzähnigen im Wasser fischenden Sauriern der heutigen Welt (Krokodile, Fig. 383) sind die Zehen wohl entwickelt und zum Theil mit

Fig. 382.



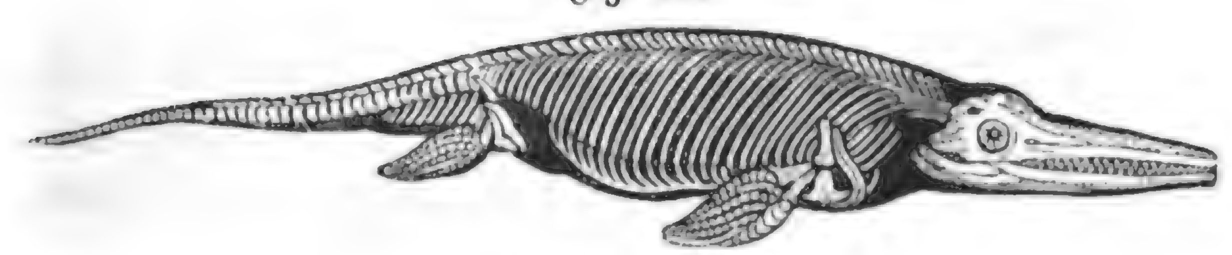
Chamaeleo africanus.

Fig. 383.



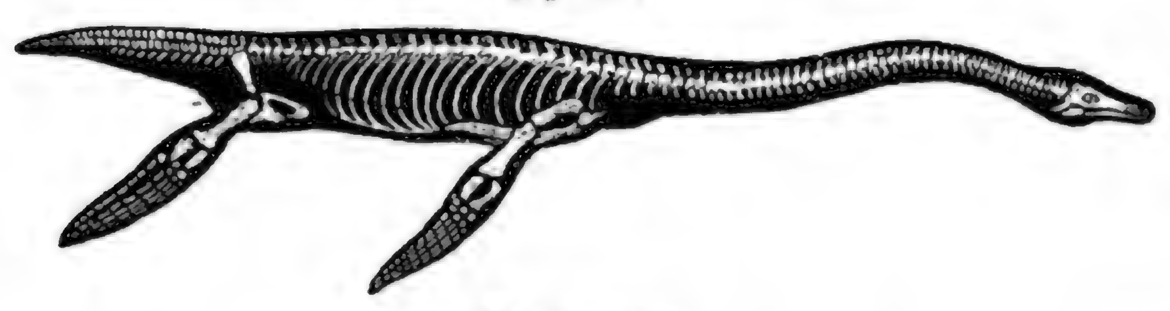
Crocodilus vulgaris.

Fig. 384.



Ichthyosaurus.

Fig. 385.



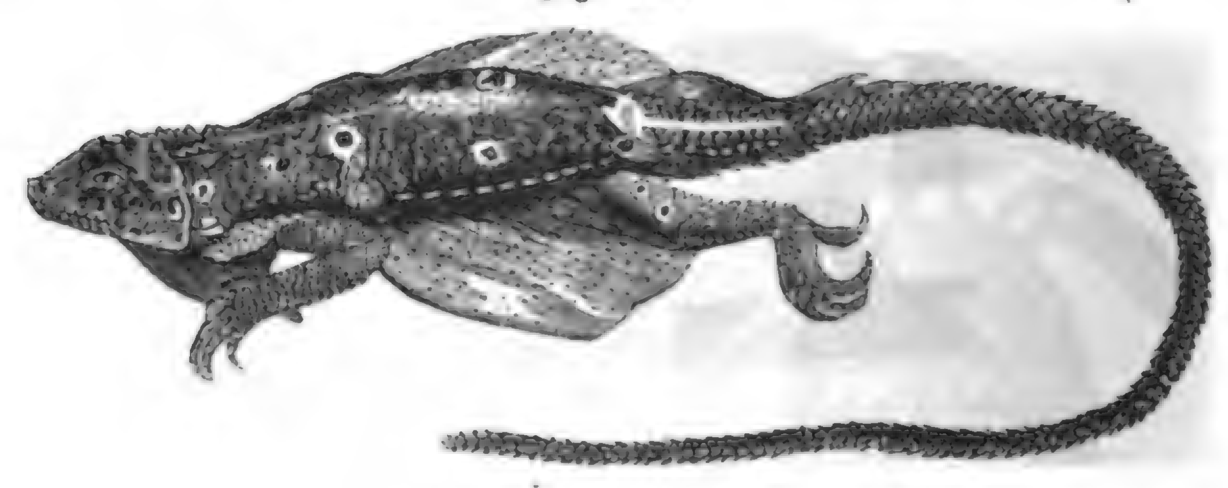
Plesiosaurus.

Schwimmhäuten versehen; rechnet man aber die untergegangenen Formen mit hinzu, so haben auch sie nochmals mit Fisch- und zum Theil Schlangen-förmigen, ganz aufs Wasser beschränkten Geschlechtern (Ichthyosaurus, Fig. 384; Plesiosaurus, Fig. 385) wieder mit

Fisch=Wirbeln und mit Flossen statt der Beine begonnen. Aber auch die nur mit einer Fall=Haut versehenen Drachen (Fig. 386) und Geckonen=Sippen unter unseren Squamaten oder Akrodonten waren einst bei



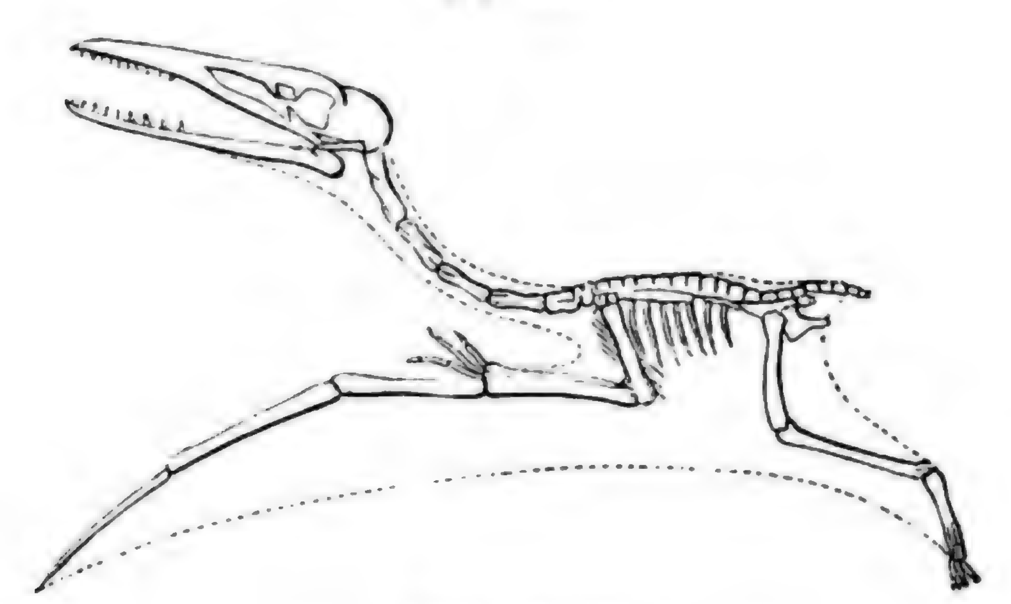
Fig. 386.



Draco viridis.

jenen Rhizodonten durch die fliegenden Pterodaktyle (Fig. 387) vertreten, die sich mittelst einer durch die verlängerten Arme und insbesondere den verlängerten fünften Finger ausgespannten Flug=Haut frei kräftig und andauernd in die Luft zu erheben vermochten, während dagegen das Brust=Bein zur Stützung der Flug=Muskeln

Fig. 387.

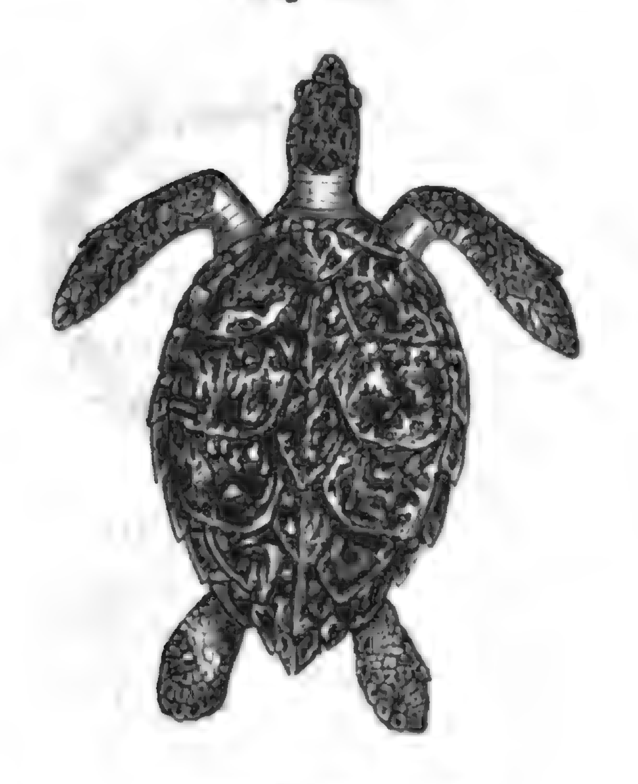


Pterodactylus.

groß wurde, die Wirbel=Säule sich verkürzte und die wenig gebrauchten Hinterfüße nur sehr schwach blieben. — Selbst die Schildkröten, diese außerordentliche Gruppe, welche sich nirgends zwischen die anderen einreihen lassen will, beginnen als ruderfüßige Meeres=Bewohner (Fig. 388), die sich nur schlecht und vorübergehend auf dem Lande zu bewegen vermögen, und gehen in Sumpf=Schildkröten

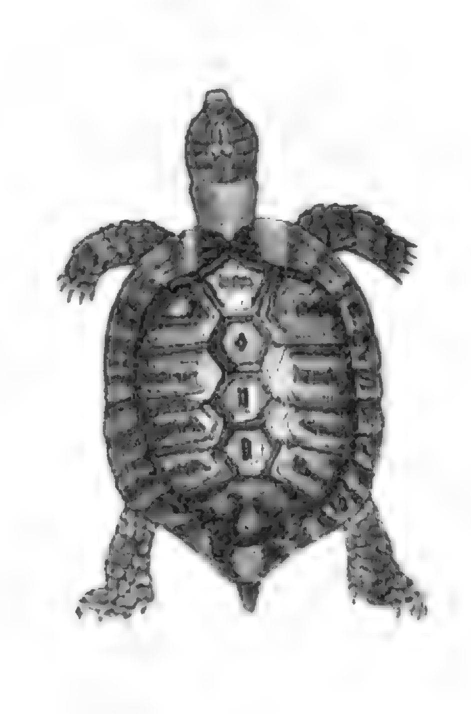
mit regelmäßig gebildeten Zehen und Schwimmhäuten dazwischen über, welche letzten dann den kurzzehigen Land-Schildkröten gänzlich fehlen (Fig. 389). — So vollenden die Reptilien ihre doppelte

Fig. 388.



Chelonia imbricata.

Fig. 389.



Testudo graeca.

Aufgabe, bei jedem wichtigeren Typus derselben von Neuem beginnend, indem sie durch vollkommnere Verknöcherung, durch Verkürzung der Wirbel-Säule, durch Umgestaltung der Ruder- oder Flossen-Füße in Geh-Füße zuletzt ohne Schwimmhaut, durch Abrundung des zusammengedrückten hohen Steuer-Schwanzes das Wasserthier- in ein Landthier-Skelett verwandeln, und indem sie zugleich eben wieder durch Verknöcherung der anfangs noch knorpelig gebliebenen Skelett-Theile und Verkürzung der Wirbel-Säule, durch Entwickelung des Schulter- und Becken-Apparates (die bei den meisten Fischen bereits vorhanden gewesen), durch vollkommene Ausbildung von beiderlei Fuß-Paaren u. s. w. das Skelett mehr und mehr differenziren und für jede Funktion der Bewegung ein eigenes Organ in demselben schaffen.

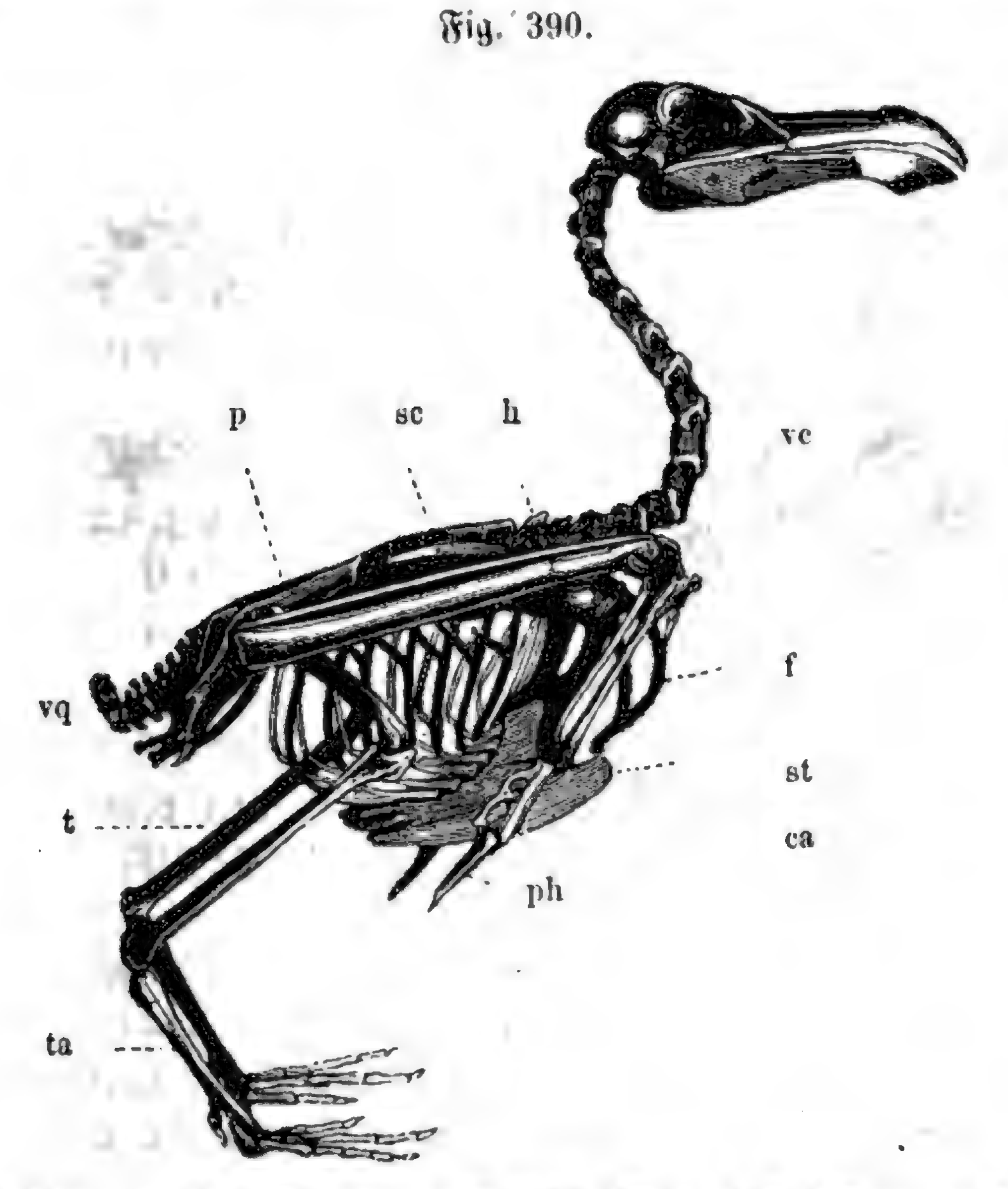
Wohl finden wir uns versucht, die Entwickelung und Differenzirung des Skelettes sogleich bei den Säugethieren weiter zu verfolgen, die, so weit sie im Wasser schwimmend oder auf dem trockenen Boden gehend sich bewegen, sich um so unmittelbarer an die Reptilien anschließen, weil die die beiderseitigen Grenzen bildenden Familien insbesondere gar manche nähere Übereinstimmung zeigen, als

die beiden Klassen im Ganzen oder in ihren typischen Formen. — Auf Seiten der Reptilien gehören bei den Krokodilen und ihren untergegangenen Verwandten insbesondere die schon erwähnte Einkeilung der bewurzelten Zähne in getrennte Alveolen, aber auch manche Einzelnheiten in der Schädel-Bildung u. s. w. dahin. Wir fühlen aber, daß wir, ungeachtet des Seitensprunges, welchen die Vögel durch ihre eigenthümliche Skelett-Bildung machen, die systematische Reihen-Ordnung nicht verlassen dürfen, weil sich in der Klasse der Säugethiere nicht nur der Oviparen-Typus im Allgemeinen, sondern auch der der Fische, der Reptilien und der Vögel im Besonderen wiederholt, deren Bau wir also vorher erörtern werden, obwohl wir dann darauf verzichten müssen, einem einfach voranschreitenden Differenzirungs-Gange zu folgen.

Die Flug-Bewegung war im Kreise der Kerbthiere bereits bei den Hexapoden durch eine angemessene Abänderung im Baue des äußeren Skelettes gegeben. Sie war auch im Kreise der Wirbel-Thiere bei den fliegenden Fischen bereits angedeutet und bei den Reptilien in den untergegangenen Pterodaktylen (Fig. 387, S. 362) schon zur Ausführung gekommen. Die Abänderungen, welche das Reptilien-Skelett erfahren mußte, um einen Pterodactylus in derselben Klasse darzustellen, werden bei den Vögeln, wo es gilt eine ganze fliegende Klasse von Wirbel-Thieren zu bilden, viel selbstständiger umfänglicher und weiter greifend verfolgt und insoferne hauptsächlich abgeändert, als die Vögel in der Regel nicht zum Fluge allein, sondern auch zum Gehen und mitunter Schwimmen zugleich geschickt sein sollen, daher ihre Vorder-Extremitäten Flügel werden und ihre Hinter-Extremitäten Geh-Beine bleiben (Fig. 390). Da beide Paare abwechselnd jedes allein den ganzen Körper zu tragen bestimmt sind, so muß der ganze Skelett-Bau, wenn auch mitunter auf Kosten der Bewegungs-Fertigkeit fester, des Fluges in dünnerem Medium wegen leichter, und die Wirbel-Säule, um jedes Paar der beiderlei Extremitäten dem Schwerpunkte näher zu rücken, kürzer werden. Das Gehen auf dem hinteren Paar der Extremitäten allein wird nur möglich, wenn das Becken verstärkt, — der auftretende Theil der Füße unter den Schwerpunkt des Körpers gerückt, der Rumpf zu dem gleichen Ende verkürzt und etwas aufgerichtet, die Läufe der Beine etwas vorwärts gekehrt und die Zehen verlängert werden. Der Flug mittelst der 2 vorderen Extremitäten allein wird nur möglich, wenn sie genau über den Schwerpunkt gebracht und

zu dem Ende der Rumpf verkürzt, — der Schwanz fast ganz beseitigt, — und von Kopf und Hals noch ein kleiner Gewichts-Theil, welcher genügt um den hinteren Theilen das Gleichgewicht zu halten, vor die Flügel gebracht wird. Um das kräftige Flügel-Organ an sich herzustellen, werden das Schulter-Blatt ausgedehnt, — der Ober-

Fig. 390.

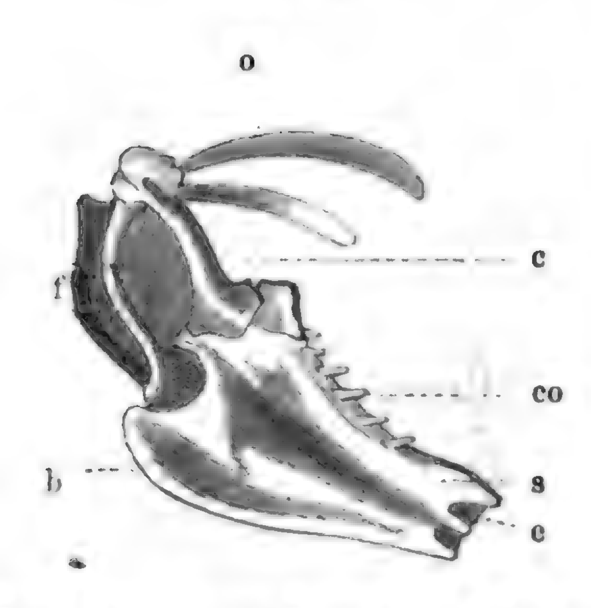


Vogel-Skelett: vc Hals-Wirbel, cl Schlüssel-Bein, f Gabelbein, st Brust-Bein, sc Schulter-Blatt, h Oberarm, ca Hand-Wurzel, ph Fingerglieder, p Becken, vq Schwanz-Wirbel, t Unterschenkel, ta Mittelfuß, Lauf, o Vorderarm, vs Becken-Wirbel.
(Die Zehen sind in dieser Figur nicht weit genug unter den Körper vorwärts gerückt.)

und Unter-Arm mit einem Theile der Hand, an welchem die Schwungfedern sitzen, verlängert, — das Brust-Bein (Fig. 391, S. 366), worauf sich die Flug-Muskeln stützen, vergrößert und der Länge nach mit einem hohen Kamme versehen, — die Rippen, auf welchen das Schulter-Blatt liegt, durch breite übereinander geschobene Querfortsätze in der Mitte mit einander verbunden und ihre Verknöcherung bis an die Grenze des Brust-Beins hergestellt, — die Schulter, an welcher der bewegliche Oberarm ansitzt, durch ein doppeltes Paar Schlüssel-Beine, wovon das vordere zu einem Gabel-Knochen

verwächst, gestützt und auseinander gehalten. Aber auch die vom Becken ausgehenden Hinterbein-Muskeln müssen stärker werden, um den Vogel allein mittelst dieses einen Extremitäten-Paares tragen zu können (Fig. 392). Um der erforderlichen Stärke unbeschadet

Fig. 391.



Brust-Bein eines Vogels: o Schulter-Blatt, c Schlüssel-Bein, b Kiel des Brust-Beins, f zweites Schlüssel-Bein oder Gabelbein, co Rippen-Ansätze, s Fläche des Brust-Beins, e Ausschnitte am hinteren Rande desselben.

Fig. 392.



Theil eines Vogel-Skelettes, mit den Hals-, Flügel- und Bein-Muskeln, welche gegen die Muskeln des Fisch-Skelettes vorzugsweise entwickelt sind.

dem frei in die Luft zu erhebenden Skelette die mögliche Leichtigkeit zu geben, sind die Schädel-Knochen dünn aber dicht, die dünnen Kinnladen mit einem hornigen Schnabel überzogen, statt dicke Zähne in ihrer Masse wurzeln zu lassen; die Flügel-Knochen und oft selbst das Brust-Bein hohl; die Ausbreitung der Flügel durch spezifisch leichte und elastische Schwung-Federn statt durch noch stärkere Verlängerung der Finger und Flughaut vermittelt (welche überdieß die Gang-Bewegung behindern würde), wie auch das Steuer, der Schwanz, aus solchen Federn gebildet ist. Um durch verstärkte Respiration in allen Theilen des Körpers die anstrengendere Arbeit der Flug-Bewegung zu ermöglichen, sind die schon früher (S. 243) erwähnten Luft-Säcke in Verbindung mit den Lungen und deren Fortsetzungen sogar bis in manche Knochen nöthig geworden. Da die Hinter-Beine nicht das einzige Bewegungs-Organ sind, sondern noch durch die Flügel unterstützt zu werden pflegen und in der Regel nicht auch noch zu Nebenzwecken dienen sollen, so genügt eine einfachere minder bewegliche Bildung des Unterschenkels und Fußes statt der komplizirteren

Zusammensetzung, welche sie bei Reptilien und Säugethieren besitzen, ein einfaches oder fast einfaches und nicht drehbares Unterschenkelbein statt des doppelten, ein einfaches aber verlängertes Tarsometatarsal-Bein statt der drei Queer-Reihen von Fußwurzel- und Mittelfuß-Beinen, und 3—4 wohl entwickelte Zehen statt der sonst normalen fünf, wobei die Zahl der Phalangen von der hinteren oder inneren bis zur vierten äußeren Zehe regelmäßig 2, 3, 4 und 5 beträgt (Fig. 390, 393). Je mehr in Folge der Verlängerung der Beine und



Fig. 393.



Vultur (Erklärung wie in Fig. 390, S. 365).

insbesondere des Laufes oder der Aufrichtung des Körpers der Land-Vögel der Kopf etwa vom Boden entfernt wird, obwohl sich dort die Nahrung befindet, desto mehr müssen Hals und Schnabel verlängert werden, um das Aufnehmen der Nahrung vom Boden zu ermöglichen. Dieß ist die Reihe von Umgestaltungen, welche das Landwirbelthier-Skelett erfahren muß, um zu einem Vogel-Skelette zu werden, und die wir ihrer gegenseitigen Beziehungen wegen hier alle zusammenstellen, obwohl nicht alle freilich auf Differenzirung beruhen, sondern großentheils die Anpassung an äußere Bedingungen zum Zweck haben. Diese hat nicht nur die vorderen und hinteren Extremitäten im Gegensatze von einander betroffen; ihr zu

Liebe mußten vielmehr, wie wir gesehen haben, Handwurzel und Hand, Fußwurzel, Mittelfuß und Wirbel, Rippen und Gebiß einfacher werden, mußte jedes einzelne auf eine tiefere indifferentere Stufe zurücksinken.

Ehe wir weiter gehen, sei es uns gestattet, als Einschaltung einiger Analogie'n zu erwähnen, welche zwischen den Vögeln unter den Wirbelthieren einerseits und den Hexapoden unter den Kerbthieren andererseits stattfinden. Bei beiden setzt sich die Respirations-Thätigkeit durch den ganzen Körper fort, indem die Luft selbst bis in die Flügel und Beine eindringt, wodurch auch das spezifische Gewicht des Körpers vermindert wird. Bei beiden vermindert sich beim Auftreten der Flug-Organe die Zahl der Geh-Werkzeuge bis auf das relative Minimum. Bei beiden rücken Flug- und Geh-Organe möglichst nahe zusammen, bei den Kerbthieren diese wie jene sogar an dieselben Brust-Glieder. Bei beiden münden After- und Genital-Öffnung beisammen aus: ein Charakter, der sich freilich zum Theil auch anderwärts wiederholt.

Doch kehren wir zu den Vögeln zurück. So übereinstimmend auch im Ganzen genommen der vorhin beschriebene Typus des Skelettes bei allen Vögeln ist, so manchfaltig sind nun die Modifikationen in den Proportionen der einzelnen Theile, so vielfältig die Anpassungen der Bewegungs-Organe an die äußeren Lebens-Bedingungen, ohne daß sich jedoch, wie auch bei den Mund-Theilen schon bemerkt worden ist, noch sonst ein merklicher Fortschritt vom Unvollkommneren zum Vollkommneren darin wahrnehmen ließe, außer insoferne sich das Skelett selbst einem höheren Wohn-Elemente anpaßt. Da finden wir denn auch, wenn wir von dem fortwährenden Dualismus zwischen Nestflüchtern und Nesthockern absehen (S. 321), eine gleichmäßig fortschreitende Reihe von den Wasser- zu den Sumpf- und Boden- bis zu den Baum-Vögeln. Die Wasser-Vögel haben Schwimmhäute zwischen den drei vorderen oder allen vier Zehen (die Ruderfüßer) und weiter nach hinten gerückte Beine. Sie stehen in der That bei manchen derselben so weit hinten, daß diese Vögel auf dem Lande eine ganz aufrechte Stellung annehmen müssen und der Schwanz zum kurzen Stützschwanz wird. Dieß ist insbesondere bei solchen der Fall, welche gänzlich verkümmerte, zum Flug unbrauchbare Flügel haben und das Wasser außer um zu brüten gar nicht mehr verlassen (Fig. 394), oder welche sehr geschickt tauchen (wozu jene Stellung wesentlich) und nur noch des Nachts nach ihren Brüte-Standorten

ziehen. Je weiter die Schwimmfüße nach vorn rücken, desto waagrechter trägt sich der Körper und desto mehr hält sich der Vogel auch auf trockenem Boden auf (vergl. die Eidergans, Fig. 395; Pelikan, S. 276, Fig. 254). Sumpf- und Gestade-Vögel, welche streckenweise

Fig. 394.



Aptenodytes patagonica.

Fig. 395.



Somateria mollissima (Eidergans).

durch das Wasser waten, um ihre Nahrung aus demselben zu holen, haben lange Beine mit 4 langen aufliegenden ganz getrennten oder nur durch eine Spannhaut verbundenen Zehen mit geraden Krallen, von welchen nur die hintere in dem Grade kleiner wird und vom Boden abrückt, als sich der Vogel mehr auf trockenem festem Boden aufhält (Kranich, Fig. 396) oder rasch läuft. Unter den Bewohnern des trockenen Bodens gibt es ebenfalls welche, deren Flügel in dem Grade verkümmern, daß sie zum Fluge unbrauchbar werden (der Strauß, Fig. 397, S. 370); alle Flügel-Knochen sind verkürzt und zum Theil wie das Brustbein und insbesondere der Brustbein-Kamm sogar nur rudimentär, die Schwungfedern kurz, weich und biegsam. Die meisten dieser Flug-losen Vögel sind dagegen durch das Vermögen raschen Laufes einigermaßen entschädigt: das Becken ist noch stärker als

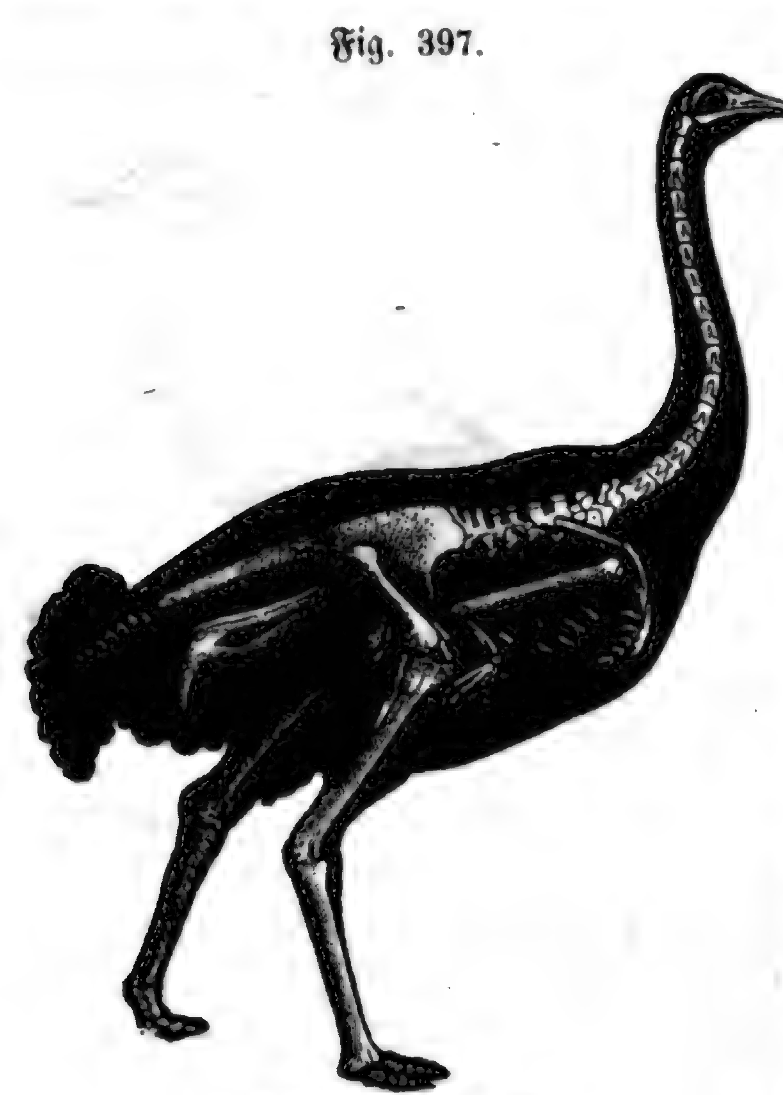
Fig. 396.



Grus cinerea.

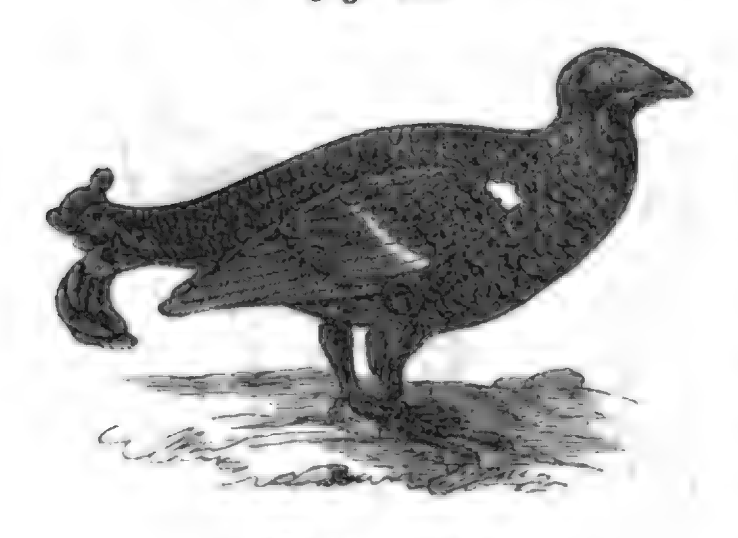
sonst (zuweilen sogar geschlossen), die Beine lang, Oberschenkel, Unterschenkel und insbesondere Lauf-Knochen außerordentlich kräftig, die Zehen auf 3 und selbst 2 vordere beschränkt, kurz und sogar mitunter noch verwachsen, so daß diese „Lauf-Beine" an die der zwei- und ein-hufigen Säugethiere erinnern. Die anderen Boden-Vögel, wozu insbesondere die Hühnerartigen gehören, sind ebenfalls keine ausgezeichneten Flieger; dabei ihre Beine kurz, drei- bis vier-zehig, die Hinterzehe klein und vom Boden abgerückt oder fehlend, die 3 vorderen mit einer schwachen Spannhaut (ein embryonischer Charakter) oder ganz getrennt, die Nägel kurz und stumpf (Fig. 398).

Fig. 397.



Struthio camelus.

Fig. 398.



Tetrao tetrix.

Die zahlreichen Baum-Vögel haben mehr und weniger wohlentwickelte Flügel und Schwanz (der bisher, die Ruderfüßer ausgenommen, meist nur kurz war) und mit kaum einem Dutzend Ausnahmen vier Zehen, die Hinterzehe wohlentwickelt und tief stehend, die 2 äußeren Zehen bis zum ersten oder, bei Vögeln welche mehr sitzen als laufen, bis zum zweiten Gelenke mit einander verwachsen, die Krallen gebogen, Alles zum Umfassen der Zweige wohl eingerichtet (Fig. 399). Bei Raubvögeln werden die Krallen nur stärker, aber die Verwachsung der Zehen hört auf und wird oft wieder durch eine

Spannhaut ersetzt (S. 275, Fig. 253). Doch macht die Ordnung der Paar-zehigen Vögel insoferne eine Ausnahme, als sie nur zwei Zehen nach vorn behalten und zwei nach hinten wenden. Zu ihnen gehören auch die eigentlichen Klettervögel, welche wie der Specht (S. 275, Fig. 252) immer längs der Äste sitzen und laufen und sich dabei mit ihrem steifschäftigen Schwanze stützen. Aber sowohl die ruderfüßigen und andere Stoßtaucher unter den Wasser-Vögeln, welche aus der Luft ins Wasser niederstoßen, um Beute zu erhaschen, und großentheils den ganzen Tag über keine Küste zu Gesicht bekommen, wie viele einzelne wohlbeschwingte Familien unter den Baum-Vögeln (die Schwalben, Seegler, Kolibris, Nachtschwalben (Fig. 400), welche ihre Insekten-Nahrung mit weitem kurzschnabeligem Rachen im Fluge erhaschen, machen im Gegensatze zu den schon erwähnten Lauf-Vögeln um so weniger von ihren Gehwerkzeugen Gebrauch, je mehr sie fliegen; die verkümmernden Füße sind für sie nur noch Sitz- und Klammer-Organe, wenn sie sich niederlassen, aber nicht mehr zum Orts-Wechsel brauchbar, äußerst kurz, die 3—4 Zehen ebenfalls klein, oft verwachsen, oder alle vorwärts gerichtet, die Läufe nur mit Federn oder kleinen Schuppen bedeckt; — während die stärker entwickelten Flügel und der Steuer-Schwanz kräftigere Federn aber in geringerer Anzahl enthalten. Das Mißverhältniß zwischen beiderlei Organen ist oft so groß, daß die

Fig. 399.



Buceros rhinoceros.

Fig. 400.



Caprimulgus europaeus.

Seegelschwalben z. B., wenn sie zufällig auf den platten Boden gerathen, nicht mehr genug Spielraum finden, um sich mittelst ihrer langen Flügel in die Luft zu erheben. Man könnte diese Vögel vorzugsweise Luft-Vögel nennen; indessen gehören sie, wie schon gesagt, nicht in eine Ordnung zusammen.

Wir gelangen endlich zu den Säugethieren, die, obwohl sie auch das Flugthier nach ihrem Typus wiederholen, sich doch in der Gesammtform ihres Skelettes mehr an die Reptilien anschließen. Doch wird auch diesen letzten gegenüber die Verknöcherung vollständiger, die Bestandtheile des Schädels vereinigen sich in eine viel geringere Anzahl bleibend unterscheidbarer, durch Zacken-Näthe verbundener Knochen-Stücke (die Zähne sind ohne Ausnahme bewurzelt und differenter); die Beine richten sich allmählich senkrechter auf und stellen sich als zwei Paar Stützen nahe unter die Mittellinie des Körpers. Während aber zunächst die monotremen und andere eplazentalen Säugethiere in ihrer Fortpflanzungs-Weise den oviparen Wirbelthieren überhaupt so viel näher stehen, versetzen sie uns hinsichtlich ihrer Skelett-Bildung sogleich ins Niveau der bekrallten Plazentalen, ohne sich jedoch bis zu den Affen zu erheben, so daß außer den schon früher erwähnten Charakteren, außer der etwas reicheren Zahn-Formel, der unvollkommneren Gaumen-Bildung und den Beutel-Knochen sämmtlicher Beutelthiere, im Allgemeinen fast nur noch das Gabel-Bein in der Schulter des Ornithorhynchus dieselben, im Gegensatze der Plazentalen, näher mit den Oviparen verbindet, während die eigenthümliche rotirende Gelenk-Bildung an Knie und Knöchel der Hinter-Beine überall, wo diese nicht allein die Lokomotion vermitteln, wenigstens noch eine schwächere Entwickelung dieser Theile beurkunden. Ihre immer stark ausgebildeten Hinterfüße sind mit 3—5 Zehen versorgt, von welchen im letzten Falle der innere oder erste stets ein abstehender entgegensetzbarer nagelloser Daum ist. Im Übrigen finden sich nicht nur Gras-, Wurzel-, Früchte-, Insekten-Fresser und Raubthiere, sondern auch Schwimmer (S. 277, Fig. 257), Gräber (Fig. 401), Läufer, Springer, Kletterer und Flatterer, wie bei den Plazentalen, unter ihnen vor, alle in ähnlicher oder analoger Weise wie bei diesen charakterisirt. Nur der Springer (Fig. 402) möge hier noch näher gedacht werden, da sie durch mächtige Entwickelung der Hinter-Extremitäten, Verminderung ihrer Zehen-Zahl auf drei (welche zum Theil mit einander verwachsen sind), Verkümmerung der Vorderfüße oft zu

bloßen Mandukations-Organen und Entwickelung eines kräftigen Greif-, Stütz- und Balancier-Schwanzes sich noch mehr als bei den Plazentalen auszeichnen. Zu den plazentalen Säugethieren über-gehend finden wir zunächst Flosser, Hufer und Kraller zu unterscheiden. Bei den Flossern, welche die Fische unter den Säugethieren wiederholend ganz aufs Wasser angewiesen sind, ist der Hals verkürzt, zuweilen mit weniger als 7 Wirbeln, sind die Hinter-Extremitäten bis auf einige Becken- und Schenkel-Bein-Rudimente, welche im Fleische verborgen liegen, gänzlich verkümmert, die vorderen aber kurz, der Vorderarm zweibeinig, platt, die Hand fünffingerig, aber die Finger in eine Flossen-Haut eingehüllt, der Schwanz in eine waagerechte Flosse auslaufend; dabei entweder der Kopf von $^1/_3$ Körper-Länge mit wenigen verkümmerten oder mit vielen einfachen Zähnen, die Hand meist aus mehr als 3 Phalangen gebildet und ohne Nägel (Wale, Fig. 403, S. 374); oder der Kopf ist verhältnißmäßig, die Finger mit 3 Phalangen, die Hand kleiner und auch allenfalls geeignet, um das Thier an flachen Küsten, wo es seine Kräuter-Nahrung sucht, mühevoll aufs Trockene zu bringen (Sirenen, Fig. 404, S. 374). — Alle übrigen Säugethiere haben 4 Extremitäten mit deutlichen Zehen und einen langen oder verkümmerten Schwanz stets ohne Flossen-Form. Unter ihnen nähern sich in dem allgemeinen Habitus und der Skelett-Form den vorigen die amphibischen Robben und Walrosse am meisten, obwohl sie nach Schädel- und

Fig. 401.



Echidna.

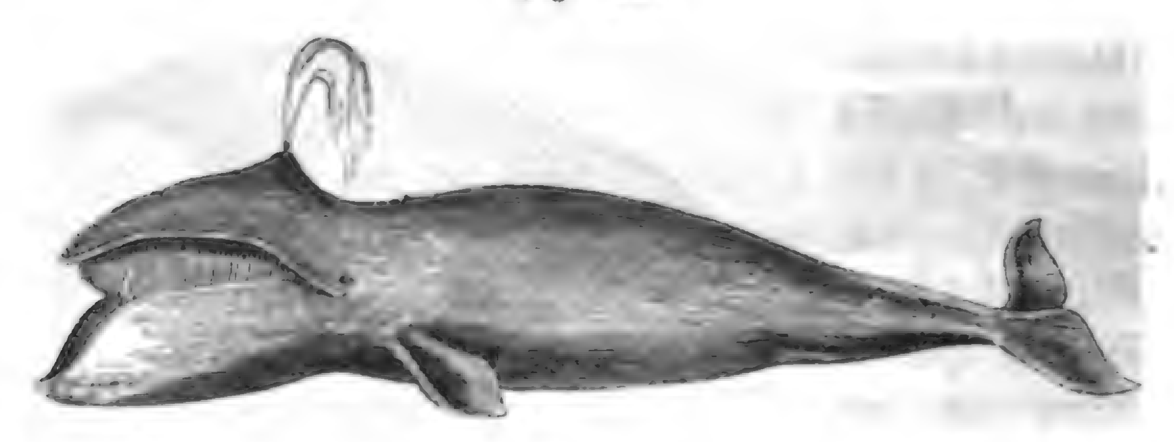
Fig. 402.



Halmaturus; die 2 Beutel-Knochen zwischen den Schenkelbeinen vorstehend.

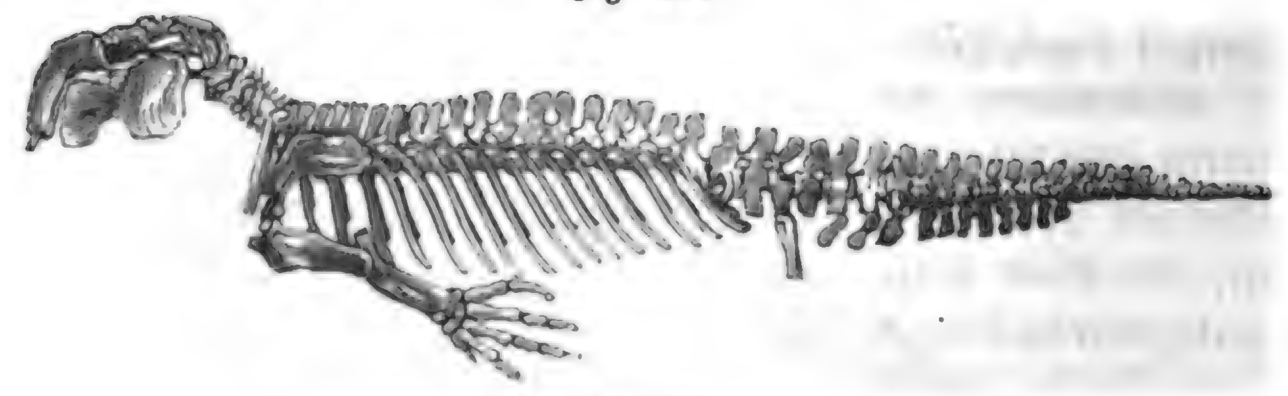
Zahn-Bildung den Raubthieren unter den Krallern angehören (Fig. 406). Ihre vier Füße sind Flossen-förmig, jedoch so, daß die Zehen, obwohl meist von einer Schwimmhaut überragt, doch einzeln unterscheidbar und mit endständigen Krallen versehen sind, kurz und

Fig. 403.



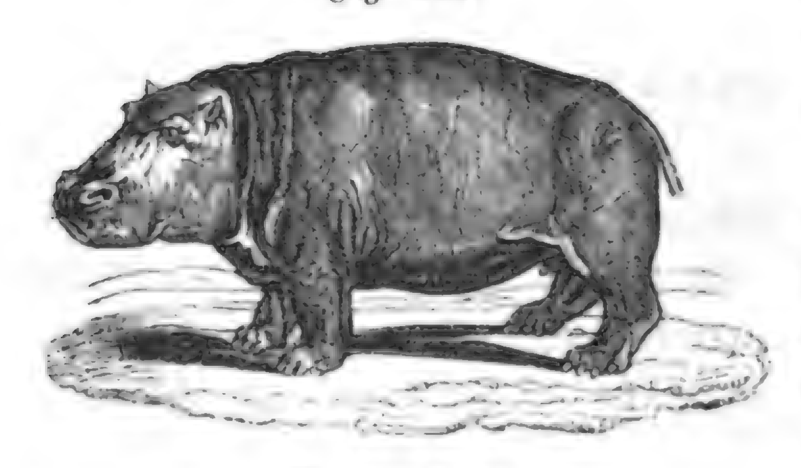
Balaena.

Fig. 404.



Halicore.

Fig 405.

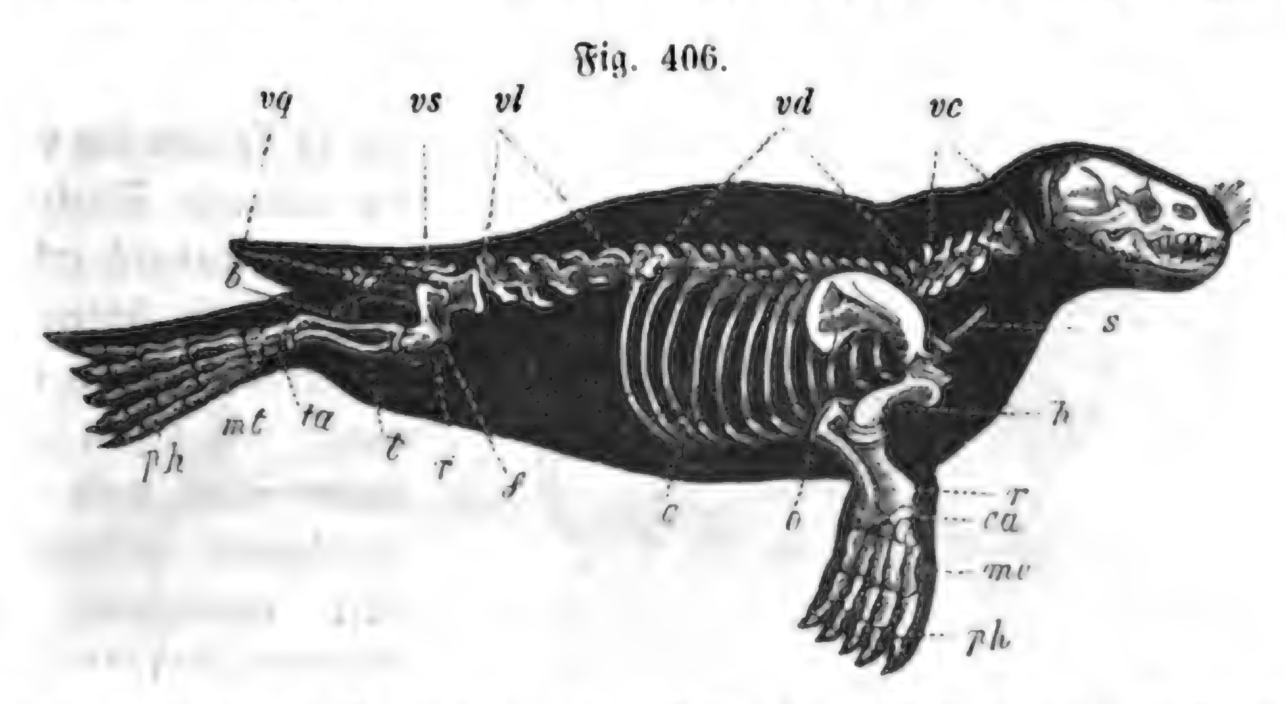


Hippopotamus.

platt. Die Hinterfüße als Steuer statt des verkümmerten Schwanzes nach hinten ausstreckend sind sie eben so gewandte Schwimmer als schwer beweglich auf dem Lande, wohin sie gleichwohl kommen müssen, um auszuruhen, sich zu sonnen und ihre Jungen zu säugen. Die Hufe-Thiere sind im Allgemeinen hochbeinig, mit einfachen Unterarm- und Unterschenkel-Beinen und mit 5, 4 (Fig. 405), 3, 2—1 Zehen, deren End-Phalangen in Hufe eingehüllt und deshalb zu keinen anderen Diensten als beim Orts-Wechsel brauchbar sind. Je höher die

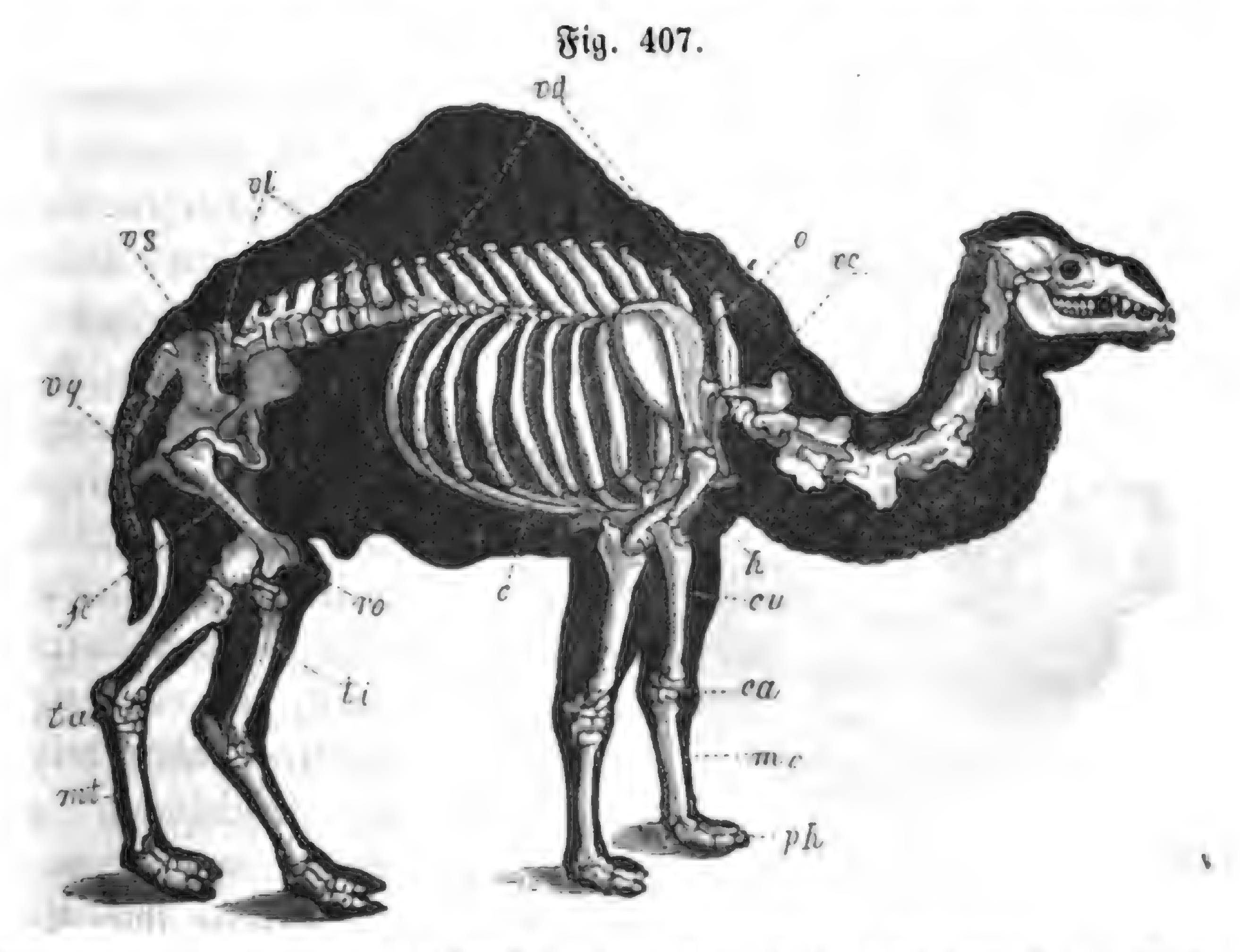
Beine und insbesondere der Lauf, je minder zahlreich die Zehen, je weiter die Zahl der Mittelhand- und Mittelfuß-Knochen zu Anlenkung der letzten (auf 2—1) reduzirt (Fig. 407, 408), und je

Fig. 406.



Phoca, Seehund: vc Halswirbel, vd Rückenwirbel, vl Lendenwirbel, vs Beckenwirbel, vq Schwanz, b Becken, ph Zehen, mt Mittelfuß, ta Fußwurzel, t Unterschenkel, f Oberschenkel, c Rippen, o Schulterblatt, ph Finger, mc Mittelhand, ca Handwurzel, r Vorderarm, h Oberarm, s verlängertes Brustbein.

Fig. 407.



Camelus dromedarius: vc Halswirbel, vd Rückenwirbel, vl Lendenwirbel, vs Beckenwirbel, vq Schwanzwirbel, o Schulterblatt, h Oberarm, cu Vorderarm, ca Handwurzel, mc Mittelhand, ph Fingerglieder, fe Oberschenkel, ti Unterschenkel, ro Kniescheibe, ta Fußwurzel, mt Mittelfuß, c Rippen.

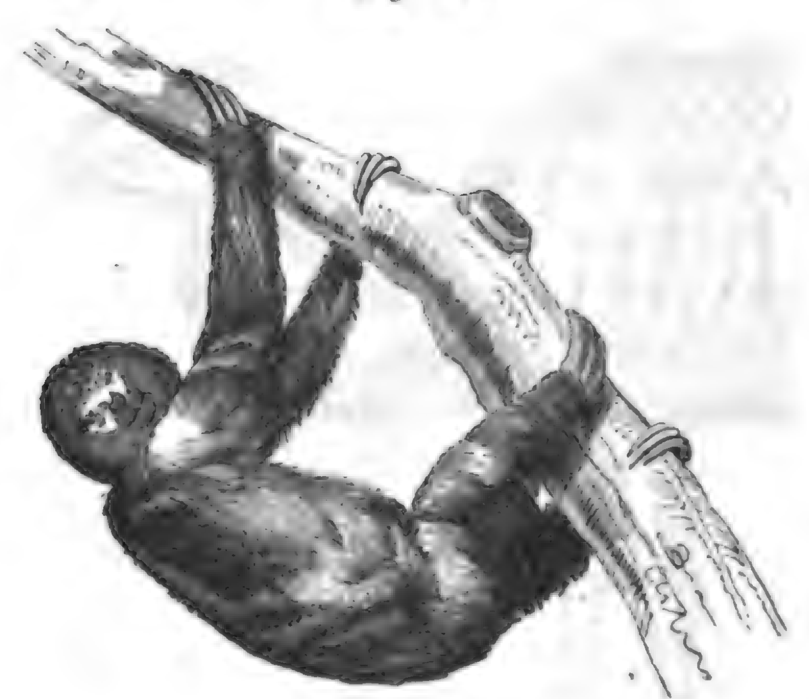
umhüllender der Huf ist, desto raschere Läufer sind diese Thiere (Wiederkäuer, Fig. 407, und Dickhäuter, S. 374, Fig. 405, 408) im Allgemeinen. Wenn jedoch die Anzahl der auftretenden und behuften Zehen auch in der angegebenen Weise reduzirt ist, so läßt sich doch die normale Fünfzahl derselben dadurch erkennen, daß die fehlenden Finger und Zehen entweder im reifen Zustande selbst noch als Rudimente vorhanden oder wenigstens im Embryo-Zustande angedeutet sind und sich erst später durch Verwachsung mehrer Knochen-Rudimente mit einander oder durch frühzeitige Verkümmerung auf die geringere Anzahl zurückziehen. Unter den Krallen-Thieren sind die nur 2-3zehigen Faulthiere (Fig. 409) bei weitem die unvollkommensten. Die unverhältnißmäßige Länge ihrer vorderen und Kürze ihrer hinteren Extremitäten, die mächtigen Kletter-Krallen beider, die Einhüllung der Finger und Zehen in die Haut, ihre Verwachsung unter sich und zum Theil die der Phalangen unter einander macht es ihnen fast unmöglich zu gehen und schwer zu klettern. Mit den Hinterbeinen an den Bäumen aufgehängt haken sie sich mit den

Fig. 408.



Equus hemionus.

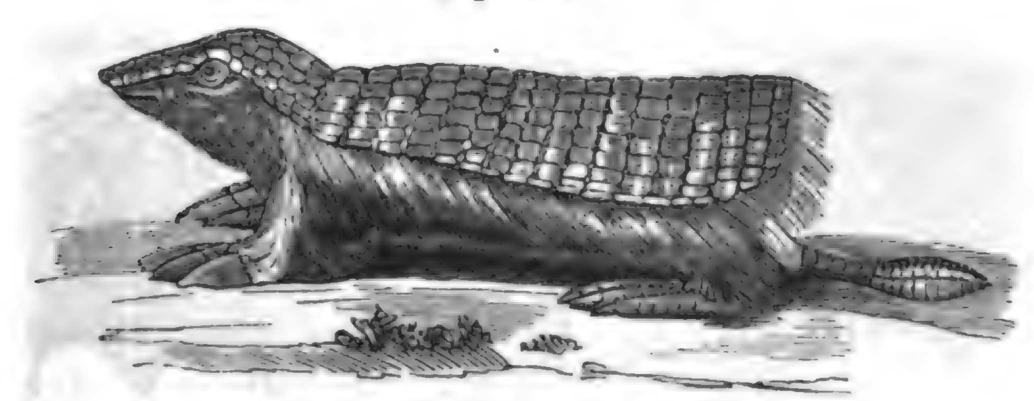
Fig. 409.



Bradypus tridactylus.

vorderen die Blätter-Zweige als Nahrung zum Munde heran, und zuweilen sind die 2 ersten Brustwirbel ohne Rippen, um ihnen die Drehung des Kopfes dabei zu erleichtern. Man rechnet sie gewöhnlich in die Ordnung der Zahn-armen Säugethiere, da sie nur 4 bis 5 einfache Zähne jederseits besitzen. Dahin gehören auch einige andere Gruppen, die Gürtelthiere, der Chlamydophorus (Fig. 410) und

Fig. 410.



Chlamydophorus.

das Schuppen-Thier, welche, noch mit einer Art äußeren Skelettes versehen, einigermaßen an die Schildkröten und grobschuppigen Fische erinnern; alle haben mehr und weniger starke Grab-Nägel und ebenfalls mitunter verwachsene Zehen; der Chlamydophorus wohnt unterirdisch wie der Maulwurf, die anderen öffnen Ameisenhaufen damit. Die übrigen Krallen-Thiere haben selten weniger als 5 (4, 3) Finger und Zehen und eben so viele Mittelhand- und Mittelfuß-Knochen, fast immer doppelte Unterschenkel- und Unterarm-Beine, was Fuß und Hand gelenker und drehbarer und in Verbindung mit den bald spitzen und gebogenen, kurzen oder langen, und bald breiten und stumpfen Nägeln zu manchfaltigeren Verrichtungen geschickt macht, zum Graben, Klettern, Zerreißen u. s. w. Sobald und in dem Maaße als die Vorderbeine einer größeren Kraft und Sicherheit in ihrer Bewegung bedürfen, entwickeln sich auch die Schlüsselbeine mehr, deren die Huf-Thiere noch ermangelten. Am meisten fallen uns hierbei die Fledermäuse oder Chiropteren auf, welche in dem Typus der Säugethiere die Vögel (Fig. 411) wiederholen, indem ihre Schlüssel- und Brust-Beine kräftig und die Arme nebst den 4 äußeren unbekrallten Fingern außerordentlich verlängert sind, um zwischen sich und den kurzen kralligen, aber gleich dem Daumen nur zum Anklammern dienenden Hinterfüßen eine meist auch noch vom Schwanz gestützte dünne zarte Flughaut auszuspannen. Hier ist

also der Zweck der energischen Bewegung in der Luft auf andere Weise als bei den Vögeln (S. 367, Fig. 393) und den Pterodaktylen (S. 362, Fig. 387) erreicht. Doch kommen noch Säugethiere mit einer bloßen Fallhaut, die nur bestimmt ist den Sprung des Thieres von einem Baume herab zu mäßigen und nach einer beliebigen Richtung zu lenken, nicht aber das Thier vom Boden

Fig. 411.



Fledermaus.
cl Schlüsselbein, h Oberarm, cu, r Vorderarm, ca Handwurzel, po Daumen, mc Mittelhandknochen des zweiten Fingers, ph Fingerglieder des Mittelfingers, o Schulterblatt, f Oberschenkel, ti Unterschenkel.

emporzutragen, wie wir solche bereits beim Drachen unter den Reptilien (S. 362, Fig. 386) und bei Petaurus unter den Beutelthieren erwähnt haben, auch bei den Eichhörnchen unter den Nagern vor. Auch von schwimmenden Säugethieren lassen sich noch einige Beispiele anführen, welche nicht mehr blos nach dem allgemeinen Typus der Klasse, sondern nach dem besonderen Typus dieser oder jener Ordnung gebaut, auch alle Merkmale derselben behalten und nur eine Schwimmhaut zwischen die Zehen der etwas verkürzten Beine bekommen. Einige von ihnen wohnen auf dem Lande und haschen ihre Nahrung im Wasser wie die Fischotter und die Wasser-Spitzmaus (auch Chironectes unter den Beutelthieren); andere bauen ihre Wohnung mitten im Wasser und suchen ihre Nahrung am Lande wie der Biber (Fig. 412) und andere Nagethiere. Eben so verhält es sich auch hinsichtlich der langschenkeligen und langschwänzigen Hüpfer (S. 260, Fig. 225), der gedrungenen und, wenn sie ganz unterirdisch leben, kurzöhrigen kurzschwänzigen und oft fast blinden Graber mit langen scharfen und spitzen oder breiten und platten

Grab-Nägeln, und hinsichtlich der 5zehigen spitzkralligen Kletterer. Alle kommen zerstreut als einzelne Sippen in verschiedenen Ordnungen vor, da diese nicht auf der Beschaffenheit der Füße, sondern auf der des Gebisses beruhen.

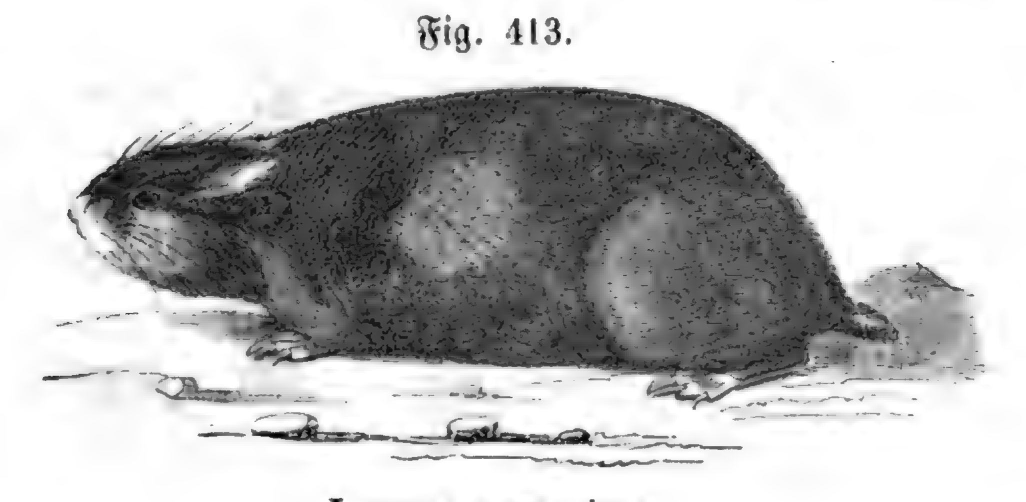
Fig. 412.



Castor fiber.

Doch finden sich die Hüpfer vorzugsweise unter den Nagern und Insektenfressern; Graber ebenfalls unter beiden (z. B. Lemming, Fig. 413 und S. 377, Fig. 410), unter den Edentaten so wie unter den Raubthieren; Kletterer unter vorigen und unter den Zahnarmen Thieren. Das äußere Ansehen der Bewegungs-Organe gibt im Übrigen kaum ein Mittel an die Hand, die Nager, die Insektenfresser, die Raubthiere unter sich und von den Beutelthieren zu unterscheiden, wenn die ersten sonst normal gebildet

Fig. 413.

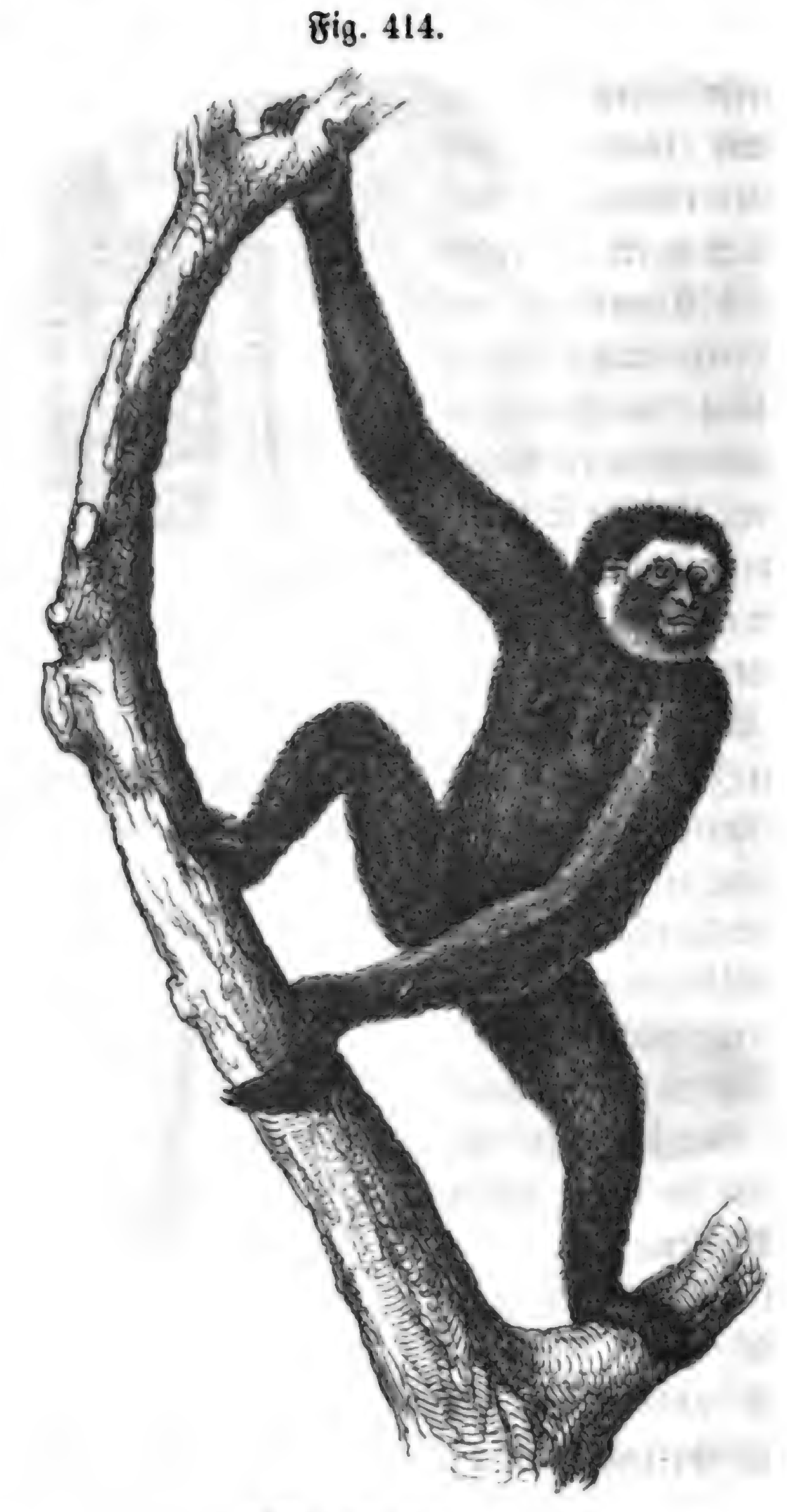


Lemmus norwegicus.

sind. — Eine weitere Entwickelung durch Differenzirung zeigt sich erst wieder bei den Affen, die an vorderen und hinteren Extremitäten Hände mit langen Fingern und entgegensetzbaren Daumen, oft in Verbindung mit einem Greif- oder wenigstens Balancir-Schwanze, besitzen, was ihnen nicht nur das Klettern, sondern auch eine Menge von Manipulationen außerordentlich erleichtert, aber die behende Bewegung auf ebenem Boden etwas erschwert, da auch ihr sonstiger Skelett-Bau mehr zum Klettern eingerichtet ist (S. 280, Fig. 262,

Fig. 414). Erst beim Menschen entwickelt sich das hintere Extremitäten-Paar (Fig. 415) zum alleinigen Lokomotions-, das vordere zum ausschließlichen Mandukations-Organ, jedes in seiner Art von

Fig. 414.



Hylobates lar.

möglichster Vollkommenheit, erstes indem es durch seine Anlenkungs-Weise an das breitere Becken, durch die Kräftigung seiner Knochen und Muskeln (daher die dicken Schenkel und Waden), die senkrechte Stellung des Kniees, die breiten Fußsohlen u. s. w. die Haltung des Körpers im Gleichgewicht und den aufrechten Gang ermöglichet,

letztes indem es sich in leicht bewegliche, am Gelenke drehbare Arme mit eben solchen Händen, mit langen Fingern, Plattnägeln und entgegensetzbaren Daumen umwandelt. Aber der aufrechte Gang macht auch noch die Verbindung des Schädels mit der Wirbelsäule an seiner Unter- (statt Hinter-) Seite nöthig, damit das Gesicht nach vorn gewendet bleibe, und diese Anlenkung von unten gestattet eine Schwächung der Dornfortsätze der Halswirbel und der entsprechenden Muskeln und Sehnen, da der Schädel nunmehr von ersten unterstützt und nicht mehr an sie aufgehängt ist. Dieser letzte Grad der Differenzirung von Armen und Beinen zu verschiedener Form und ungleichem Dienste ist freilich nicht ausführbar ohne die Lokomotion etwas zu beeinträchtigen und wenigstens die Befähigung zum Laufen, zum Klettern, zum Schwimmen zu vermindern. So kann es zwar der Mensch mit nur 2 Beinen allein in keiner dieser Bewegungs-Weisen zu solchen Graden von Vollkommenheit bringen, wie jede derselben einer oder der anderen Thier-Gruppe eigen ist; allein eben in dieser harmonisch allseitigen Entwickelung der mehr untergeordneten Verrichtungen beruhet zum Theil die überwiegende körperliche Vollkommenheit desselben über die Quadrupeden.

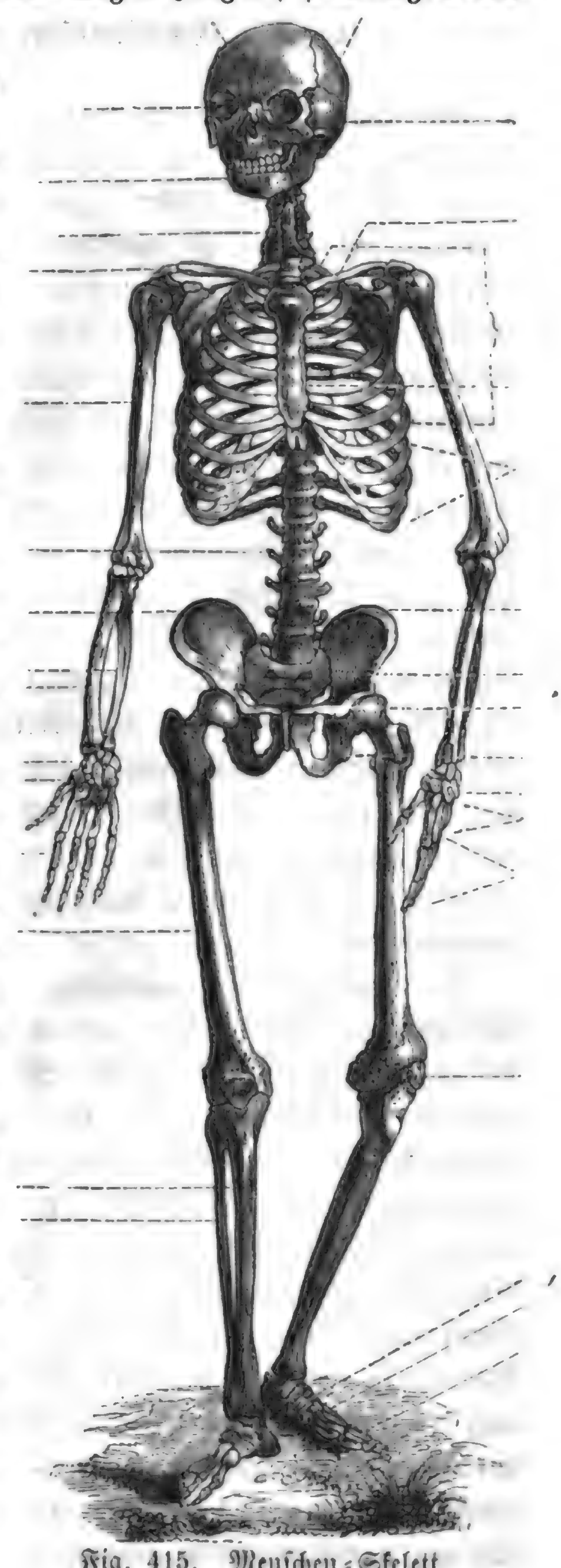


Fig. 415. Menschen-Skelett.

b) Die Empfindungs-Organe der Thiere.

Mit Hülfe der Nerven empfinden die Thiere von außen kommende Eindrücke, indem sie sich derselben bewußt werden, und leiten solche von einer Stelle des Körpers zur andern; — in Folge dieses Bewußtwerdens wirken sie auch mit Hülfe der Nerven auf die Muskeln, verkürzen oder strecken sie und ermöglichen auf diese Weise alle Bewegungen der Körper-Theile und den Orts-Wechsel des ganzen Körpers. Die Nerven vermitteln also die Wahrnehmungen des Thieres von außen her und diesen entsprechend dessen Rückwirkungen auf einzelne Körper-Theile und nach außen hin. Doch gibt es außer diesen letzten dem Willen des Thieres dienenden Nerven auch solche, welche die Thätigkeit einzelner Körper-Theile unausgesetzt und ohne Wissen und Willen des Thieres vermitteln, die sympathischen Nerven, von welchen die Bewegungen des Herzens, des Darm-Kanals, der Athmungs-Organe u. s. w. abhängen. Der Unterschied zwischen beiderlei Nerven-Thätigkeit, welcher bei den höchsten Thieren durch die immer weiter gehende Vervollkommnung des Willensnerven-Systemes am größten wird, ist zweifelsohne bei den unvollkommensten Thieren ein sehr unbedeutender, da bei ihnen klares Bewußtsein und somit ein bestimmter Wille nicht anzunehmen ist.

Die stufenweise Entwickelung des Nerven-Systems durch fortschreitende Differenzirung läßt sich etwa in folgender Weise darstellen: a) Unterscheidung des Nerven-Stoffes und -Gewebes von anderen thierischen Stoffen und Geweben; b) Unterscheidung der Empfindungs-, Willens- und sympathischen Nerven unter sich im Allgemeinen; c) selbstständige Unterscheidung eigener äußerer Empfindungs-Organe, und Unterscheidung so vieler einzelner Nerven, als Empfindungs- und Bewegungs-Organe und Organe mit willenloser Bewegung vorhanden sind; mithin Differenzirung der Nerven im Verhältniß der zunehmenden Funktions-Arten; d) Unterscheidung von Nerven, Nerven-Knoten (Ganglien), Nerven-Strängen und endlich einem Nerven-Zentralpunkt. Alle diese Differenzirungen laufen vom untersten Anfange des Thier-Systemes aus und steigern sich gegen dessen Kulminations-Punkt. Die Nerven-Masse in den Nerven besteht aus Zellen (Ganglien-Kugeln) und daraus ent-

springenden zarten Fasern, erste mit körnigem Inhalte, letzte aus Scheide, breiigem Marke und Achsen-Faden zusammengesetzt, welcher an seinem Ende frei hervorzutreten scheint.

Es ist schon (S. 52) erwähnt, daß die Amorphozoen (die Rhizopoden und Infusorien) nur aus Sarkode bestehen und (mit Ausnahme einer Haut-Schicht, welche, obwohl an sich kaum unterscheidbar, doch die Bildung harter Anhängsel und selbst einer kalkigen Schaale vermittelt) noch keine differenten Geweb-Arten in sich erkennen lassen; gleichwohl haben diese Thiere das „Gemeingefühl": sie empfinden und bewegen sich in willkührlicher Weise. Ihre Sarkode ist ihnen also noch Alles in Allem; sie besitzt Eigenschaften der Nerven und Eigenschaften der Muskel- und der Hüll-Gewebe vereint, obwohl nicht alle vollständig.

Erst von da aufwärts unterscheiden sich mancherlei Geweb-Arten; aber das Nerven-Gewebe ist tiefer als bei den Strahlenthieren bis jetzt nicht erkannt worden; und zwar gibt man mit Entschiedenheit erst bei den Rippen-Quallen (S. 63, Fig. 45) einen den Schlund umgebenden Nerven-Ring an, von welchem meridianale Nerven-Fasern mit Knoten am Ursprunge unter den Reihen der Schwimm-Blätter auslaufen (Grant). Auch ist ein bald als Seh- und bald als Gehör-Werkzeug gedeutetes Organ vorhanden, das nämlich die Otolithen und die lebhafte Färbung (Pigment-Fleck), welche jene Organe in den unteren Klassen des Thier-Reichs charakteristren, in sich vereinigt. Es liegt an der hinteren (oberen) Trichter-Mündung, und unter ihm befinden sich nach Gegenbauers neueren Darstellung zwei Knötchen unmittelbar vereinigt oder durch Commissuren verkettet, welche einen Ring um den Trichter bilden. Von ihnen aus verlaufen 8 Nerven-Fäden unter den 8 Schwimmblätter-Reihen, unter jedem Blättchen ein Knötchen ohne Verzweigungen bildend. Die wohl etwas tiefer stehenden Hut-Quallen haben am Grunde der Rand-Tentakeln oder von besonderen abgerundeten Rand-Läppchen überragt (die Steganophthalmen) bald zahlreiche und bald eine nur geringe Anzahl (8, 4) farbige wohl nur für das Licht, aber kaum für Form-Umrisse empfängliche Augen-Punkte im Umfang ihres Schirmes, in deutlichem Zusammenhange mit ihrem Nerven-Systeme. Dieses besteht aus zwei Nerven-Ringen, deren einer in der Dicke des Schirmes die Zentral-Verdauungshöhle umgibt und vier Nerven-Fäden zwischen deren Ästen abwärts sendet, während der andere stärkere im Schirm-Rande verläuft und vier Äste auf-

wärts gehen läßt, welche sich durch ein Geflecht mit dem ersten Ring verbinden. Auch scheinen die Arme und Randfäden der Polypen und der Hutquallen Tast- und Greif-Organe zugleich zu sein (vergl. S. 60, 195, 287, Fig. 40, 114, 265), und das Platzen und Ausschnellen der Nessel-Organe bei Annäherung kleinerer und größerer Thierchen an die Oberfläche der Polypen, Hydren und Quallen läßt sich ohne die Annahme anwesender Nerven kaum begreifen. — Bei den Echinodermen zeigt sich (die Krinoideen noch ausgenommen) ein ähnlicher Nerven-Schlundring mit gewöhnlich 5 unter den Fühler-Feldern meridianal verlaufenden Nerven-Fäden, die an ihrem Ursprunge gespalten und gegen die Mitte ihrer Erstreckung hin etwas verdickt sind; zweifelsohne vermitteln sie die Thätigkeit der Saugfüßchen. Aber selbst bei den Krinoideen sind diese 5 radialen vieläftigen, in der Ambulakral-Furche auf allen Arm-Verzweigungen verlaufenden Nerven erkannt worden. Bei vielen Seesternen (Fig. 416) steht das Ende jedes Nerven-Fadens noch mit einem rothen Augen-Punkte in Verbindung, welcher sich am Ende der Ambulakral-Rinne befindet; bei den See-Igeln liegen diese Punkte um den Scheitel in 5 Okular-Täfelchen, welche ebenfalls den Enden der Fühler-Gänge entsprechen und mit den 5 Genital-Täfelchen alterniren (S. 62, Fig. 42). Bei den fest-gewachsenen Krinoideen sind die in den Armfurchen stehenden, bei den Asterien und manchen Echinoiden die auf der Rücken-Seite des Körpers befindlichen Pedizellen natürlich noch nicht als Bewegungs-Organe brauchbar, wie sie denn auch keine Saug-Scheibchen besitzen; sie sind daher wohl Tast- oder Greif-Werkzeuge. Auch den waagerecht liegenden Holothurien (S. 65, Fig. 46) fehlt der Nerven-Schlundring mit 5 meridianalen und parallel mit den Längs-Muskeln des Körpers verlaufenden Nerven-Fäden nicht, welche letzten jedoch zuerst fünf um den Mund gelegene und den Radien entsprechende Kalk-Täfelchen durchbohren müssen. Aber diese Fäden verzweigen sich auch bereits, und andere Nerven-Fäden gehen von dem Schlund-Ringe unmittelbar in die 10 bis 20 langen Schild-, Finger- oder Baum-förmigen Tentakeln über, welche den Mund Kranz-artig umgeben, und bei Scheiben-

Fig. 416.



Echinaster sanguinolentus.

förmiger Endigung wohl auch mit als Bewegungs-Organe dienen mögen.

Bis hierher waren die verschiedenen rings um den Mund von dem Nerven-Ringe auslaufenden Fäden einander gleich an Lage, Stärke und Funktion, und nur bei den Holothurien die vorwärts in die Tentakeln ziehenden Nerven-Fäden von den rückwärts gehenden lokomotiven Fäden zu unterscheiden. Von jetzt an aufwärts setzt sich aber der Schlund-Ring vorzugsweise aus Nerven-Knoten oder partiellen Nerv-Zentren zusammen, welche durch Zwischenfäden oder Commissuren verbunden sind; diese Knoten sind paarig oder nur durch paarweise Verschmelzung einzählig, und jedes Paar hat eine differente Form, Größe, Lage und Funktion. Endlich sind auch sympathische Nerven zu erkennen, und die Sinnes-Organe werden manchfaltiger. Doch werden wir die Entwickelung eines jeden dieser Theile in ihrem Zusammenhange einzeln verfolgen und uns daher zuerst zu dem Nerven-Systeme als solchem wenden.

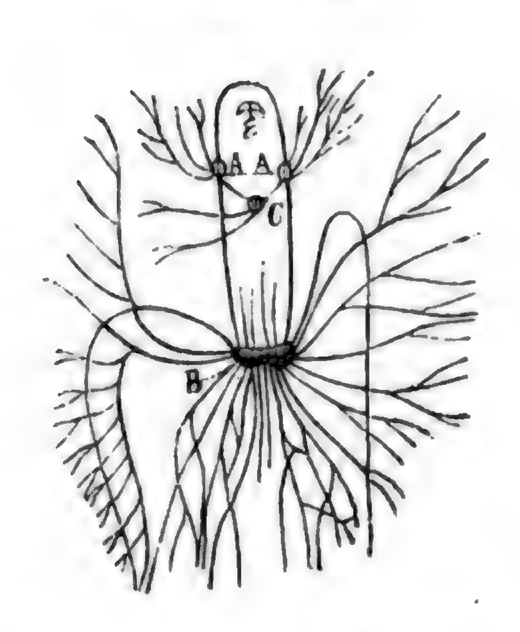
Wenn wir uns von den Aktinozoen mit regelmäßig radialem Nerven-Systeme zu den Malakozoen wenden, so begegnen wir zuerst den Moos-Thierchen oder Bryozoen, welche jenen gegenüber wieder auf tieferer Stufe der Organisation beginnen, indem man bei ihnen bis jetzt wenigstens noch nichts als einen zwischen Schlund und Darm befindlichen Nerven-Knoten gefunden hat, welcher mit einem zweiten ihm gegenüber gelegenen durch einen Nerven-Ring in Verbindung zu stehen scheint. Auch bei den Ascidien (Fig. 417) kennt man bis jetzt nicht viel mehr als einen zwischen Mund- und After-Öffnung gelegenen Nerven-Knoten mit einigen Nerven-Fäden, welcher nach seiner Lage dem Kiemen-Ganglion der vollkommneren Mollusken (S. 386) entsprechen würde. Bei den Brachiopoden stellt sich wieder ein vollständiger Nerven-Ring, doch ohne stärkere Anschwellungen, um den Schlund ein, welcher zwei einfache Fäden zu den Armen, zwei dergleichen zu den Eingeweiden und viele ästige in den Mantel sendet. In der Klasse der Lamellibranchiaten kommen drei deut-

Fig. 417.

Ascidia; a Kiemenöffnung, b Kloaköffnung, c Kiemenganglion, d Muskelhülle des Mantels.

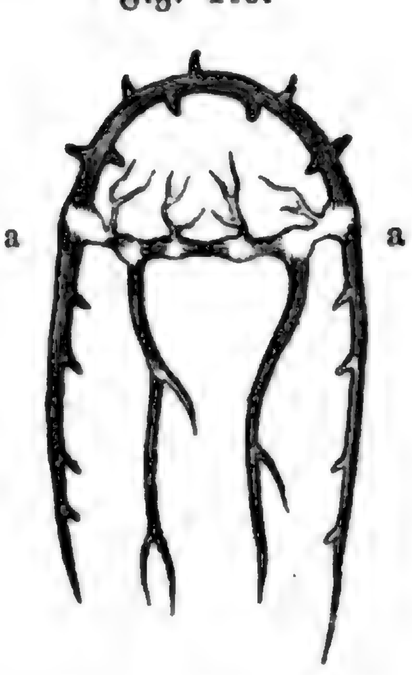
liche Nervenknoten=Paare vor (Fig. 418), welche aber bei ihrer weit auseinandergerückten Lage durch lange Fäden zu einem weiten Ring vereinigt werden müssen und alle mehrfache ästige Nerven=Fäden absenden; es sind die (freilich seitwärts unter dem Munde gelegenen) Oberschlund=Ganglien, welche die Sinnes= und Mund=Werkzeuge (Lippen=Tentakeln) versorgen, — die weit hinten gelegenen Kiemen=Ganglien, welche viele sehr ästige Fäden abgeben und dem Nervenknoten der Tunikaten entsprechen, — und das vereinte Fußganglien=Paar, das bei den unbeweglichen Brachiopoden und einigen Lamellibranchiern ohne Fuß gar nicht vertreten ist. Außerdem gehen von den Verbindungs=Fäden oder Commissuren insbesondere der Kiemen=Ganglien viele Nerven zu den Eingeweiden und Genitalien ab, — und müssen die Sinnes=Organe, von welchen später die Rede sein wird, mit solchen versorgt werden. Auch bei den Pteropoden und Gastropoden (Fig. 419, 421) kehrt der aus drei Nervenknoten=Paaren

Fig. 418.



Pecten: A A Oberschlundganglien, B Kiemenganglien, C Fußganglion, E Lage der Mundöffnung.

Fig. 419.



Chiton: Nerven=System: a a die Kiemen=, Fuß= und ? Gehör=Ganglien=Paare.

gebildete Schlundring mit manchen Abänderungen in Größe, Lage und Verbindungs=Weise der Ganglien wieder, wobei indessen eine fortschreitende ringartige Vertheilung derselben von der Unterseite des Schlundes, wo sie wie bei den Lamellibranchiern sich anfangs zusammengerückt finden (Fig. 418, 420), nach seinem ganzen Umkreise zu erkennen ist. Die Fuß=Ganglien erscheinen vorn unter dem Schlunde (Fig. 418, C) und ziehen sich rückwärts, entwickeln sich erst

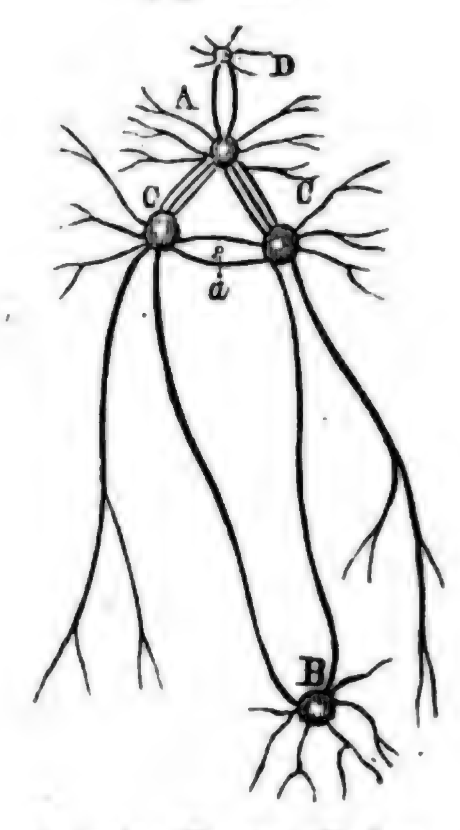
ein- dann zwei-zählig mit dem Erscheinen und der Ausbildung des Fußes (und der besseren Entwickelung der Gehör-Organe, die gleichfalls von ihnen versorgt werden); — während die Branchio-visceral- oder Kiemen-Ganglien doppelt bei seitlich getrennten, einfach bei etwas mehr genäherten (Pecten, Fig. 418) und bei dorsalen Kiemen (Fig. 420, 421) auftreten, — die Entwickelung der Oberschlund-, Kopf- oder Gehirn-Ganglien endlich mit der der Mund-, Seh- und Tast-Organe in Beziehung steht, daher dieselben bei Chiton (Fig. 419) nebst Fühlern und Augen noch ganz vermißt

Fig. 420.



Natica heros: Lage des Schlundrings bei höheren Gastropoden.

Fig. 421.

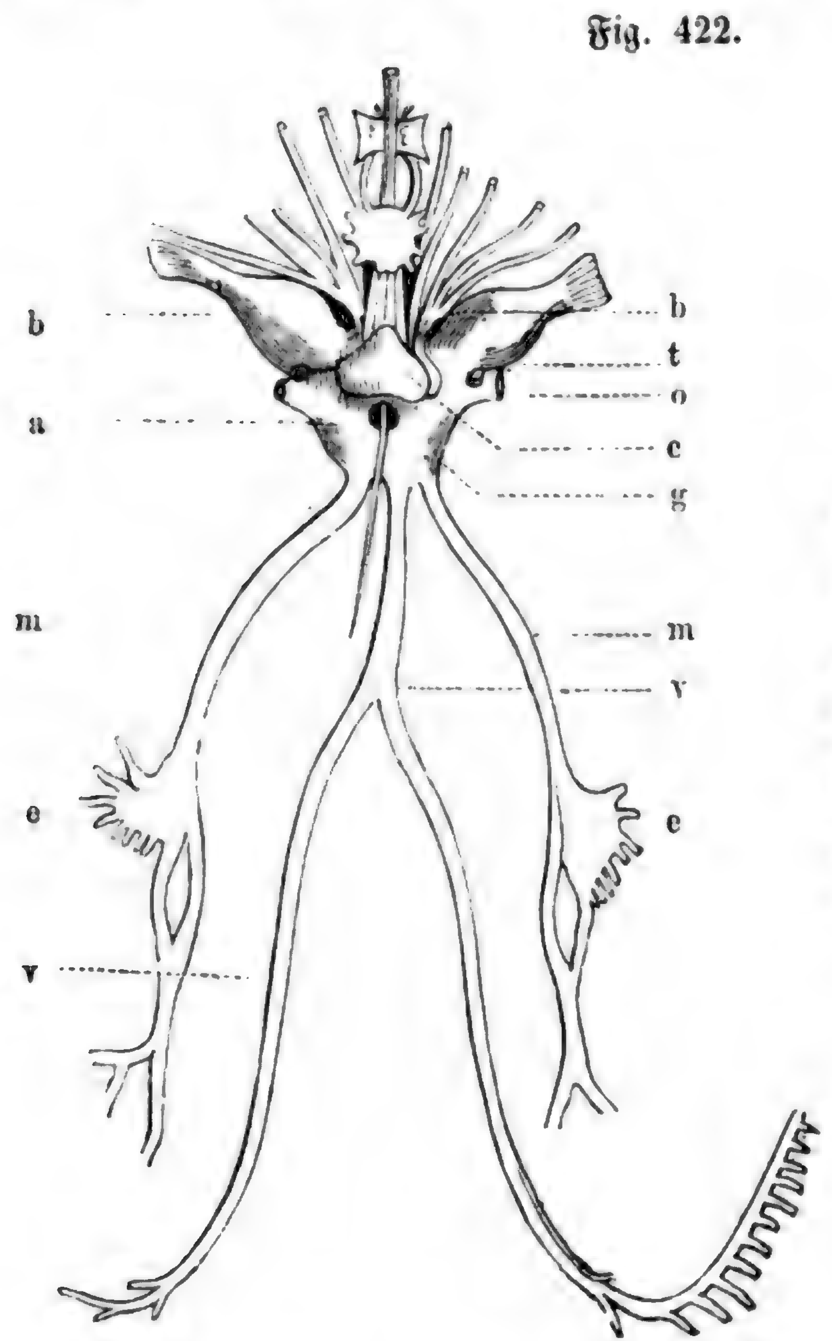


Aplysia: Nerven-System; A Kopfganglion, B Kiemenganglion, C C Fußganglien, a Schlund.

wird. Auch sympathische Nerven kommen bei den Gastropoden wohl unterschieden vor. — Am meisten entwickelt ist endlich das Nerven-System bei den Cephalopoden, wo die noch deutlichere Absonderung des Kopfes, die kräftigen Greif- und Fuß-Werkzeuge, die großen Augen, die Konzentrirung bereits aller Sinnes-Organe im Kopfe nicht nur eine stärkere Kopfnerven-Masse voraussetzen, sondern auch schon eine knorpelige Hülle derselben, ein erstes Schädel-Rudiment, auftritt, das freilich auch zugleich bestimmt ist, den mächtigen Greif- und Lokomotions-Armen zur Stütze zu dienen (Entleihung der Organe). Die drei gewöhnlichen Ganglien-Paare (Fig. 422, S. 388), stärker entwickelt, dichter zusammengedrängt, selbst mehr zusammengesetzt als bisher, bilden eine große Nerven-Masse im Kopfe mit einem nur engen Durchlaß für die Speise-Röhre versehen und senden eine weit größere Anzahl unter sich differenterer und ästiger Nerven an die manchfaltigsten Organe aus. Das Oberschlund- oder Gehirn-

Ganglion versieht aus seinem oberen Theile den Mund; aus dem größeren unteren (welcher die Fuß-Ganglien der Gastropoden mit einzuschließen scheint?) versorgt es die übrigen Kopf-Organe, den Mantel und Trichter mit Nerven, indem in jeden der 10 oder mehr Arme je 1—2 und in den Mantel 2 ästige Nerven-Fäden eintreten, unter welchen zumal diese 2 letzten sehr stark sind und jeder nochmals

Fig. 422.



Octopus, Nerven-System;
a Sonde, die den Verlauf des Ösophagus anzeigt;
b Fußganglien-Masse mit den Anfängen der Arm-Nerven;
c Oberschlundganglion;
g Kiemenganglien-Masse;
o Sehnerven;
m Mantel-Nerven mit den Ganglien e;
v Kiemen-Nerven;
t Pharyngeal-Theil des sympathischen Systems.

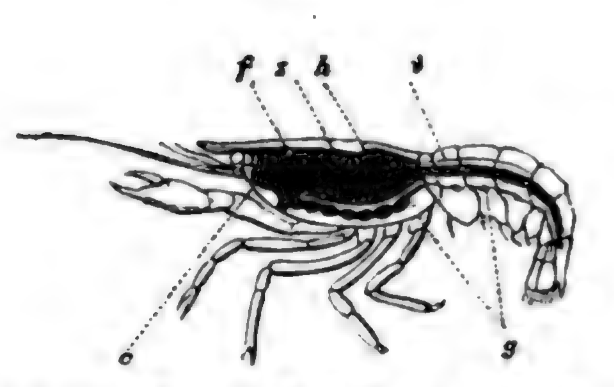
ein Ganglion bildet, welches feine Fäden nach den Seiten des Mantels aussendet. Die Branchiovisceral-Knoten schicken einen kräftigen zweitheiligen und stark verzweigten Stamm dem Halse entlang zu Kiemen, Herz und Dinten-Beutel. Auch hier ist außerdem das sympathische Nerven-System wohl unterschieden.

Im Kreise der Kerbthiere finden wir auch das Nerven-System anfangs, bei den Würmern, wieder auf viel unvollkommnerer Stufe der Ausbildung, als wir es bei den höchsten Weichthier-Formen

verlassen haben, und zwar in dem Grade, daß bei einigen (Bandwürmern z. B.) noch gar keine Nerven gefunden werden, während bei den meisten allerdings ein aus mehren Knoten gebildeter halber oder ganzer Schlundring vorkommt, von dessen unter oder über dem Schlunde gelegenem Theile Fäden nach den benachbarten Sinnes-Organen und anderen Theilen ausgehen; dann sieht man bei mehren Trematoden, Turbellarien und flachen Hirudineen (Malacobdella) von jenem Theile aus einige feine Fäden zu den Sinnes-Organen, wo solche vorhanden sind, und zwei weit getrennte und meist ästige Fäden längs beider Seiten des Körpers (die Bildung wie bei den Mollusken wiederholend) hinab-laufen; endlich aber von ihm aus einen einfachen oder doppelten Bauchnerven-Strang längs der Mittellinie des Bauches verlaufen und somit die für die Kerbthiere charakteristische Bildung des Nerven-Systemes beginnen (S. 93). Dieser mittle, aus zwei verwachsenen Fäden gebildete Nerven-Strang sendet anfangs (bei den Fadenwürmern) aus einzelnen hintereinander gelegenen Punkten ganze Wirtel von Nerven-Fäden in den Umkreis aus; später (bei Blutegeln und Chaetopoden) bilden sich gleichartige Ganglien an diesen Nerven-absendenden Punkten, zwischen welchen sich auch die doppelt vorhandenen Stränge zuweilen auf weitere Zwischenstrecken trennen, womit dann der Nerven-Typus der Insekten hergestellt ist. Bei den Ringelwürmern jedoch ist die Zahl dieser Nerven-Knoten noch groß, obwohl beträchtlich kleiner als die Zahl ihrer Ringel ist (etwa 1 : 5), hinter welcher auch bei den höheren Kerbthieren die der Knoten fast immer mehr und weniger zurückbleibt, während sie selbst eine mehr und mehr unter sich differente Beschaffenheit annehmen und auch zuerst eine vorwaltende Entwickelung der oberen oder Hirn-Knoten des Schlundringes, einen Ursprung der Bauchnerven-Stränge von diesen aus und eine Differenzirung zwischen motorischen und sensibeln Nerven-Fasern zeigen. — Aber bei den Krustern treffen wir zuerst wieder auf die so unvollkommen organisirten Räderthiere, daß wir nicht erwarten dürfen, die Entwickelung des Nerven-Systemes von dem höchsten Niveau der Würmer aus ohne Unterbrechung fortschreiten zu sehen. In der That senden die Rotatorien von dem oberen Ganglion ihres Schlundringes aus wieder zwei ganz getrennte seitliche Nerven-Stränge mehr oder weniger weit nach hinten. Die Cirripeden und andere Entomostraca haben einen Bauchstrang mit Ganglien, welcher nur bei den Lernäen nicht immer zu erkennen ist. Bei den Malacostraca

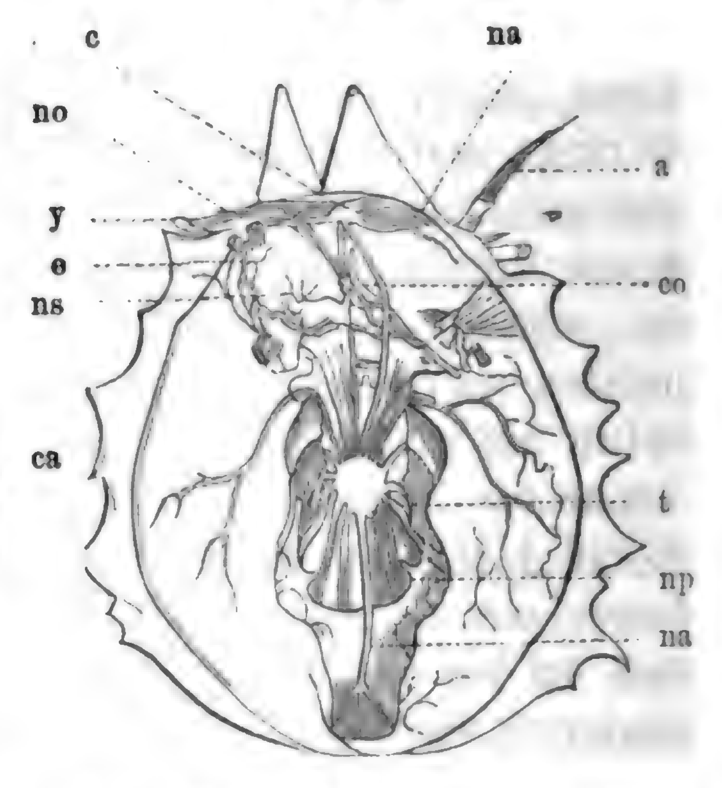
sind die beiden Nerven-Stränge in den Ganglien verwachsen, dazwischen deutlich getrennt und bei den Isopoden sogar die Knoten nur durch Queerfäden verbunden. Die Zahl der Ganglien selbst bleibt nicht oder wenig hinter der der Körper-Ringel zurück (S. 93, Fig. 55, Fig. 423); wie aber das Abdomen sich bei den Brachyuren mehr verkürzt, da werden auch die Knoten, obwohl in Größe, Form und Funktion differenter, immer näher aneinander gedrängt, durch Verschmelzung minder zahlreich und die beiden Stränge völlig verschmolzen, so daß sie außer den Schlundring-Ganglien zuletzt nur noch zwei oder eine, so beträchtliche konzentrirte Nerven-Masse bilden (Fig. 424), daß man deshalb mitunter die Brachyuren als

Fig. 423.



Astacus: Nerven-System im Vertikalschnitt gesehen; c Kopfganglien, deren hintere Commissuren den Schlund umfassen, g Ganglienkette, i Darmkanal mit Magen s und Leber f, h Herz.

Fig. 424.



Maja: Nerven-System; ca geöffneter Rückenschild, a Antennen, y Augen, c Kopfganglion, t Rumpfganglion, co Commissuren zwischen beiden, na Fortsetzung des mittlen Bauchnerven-Systems, als Schwanznerv, no Augennerv, np Beinnerven, ns sympathisches System des Magens (e).

die höchst entwickelten Kerbthiere darstellen wollte. Bei den höheren Krustern ist es auch, wo in den beiden Nerven-Strängen zwei übereinander liegende Nervenfaser-Bündel zuerst unterscheidbar werden, ein oberer feinerer, der über die Ganglien wegläuft, für die Verrichtungen der Bewegung, und ein unterer die Knoten-Masse selbst verbindender für die Empfindungen. Mit dem unteren Knoten des Schlundringes hängt auch noch ein anderes System von willenlosen Nerven für den Magen und Darm-Kanal zusammen. — Unter den Luft-athmenden Insekten besitzen die viel- und gleich-gliederigen Myriopoden ein Nerven-System, das wieder dem der Ringelwürmer

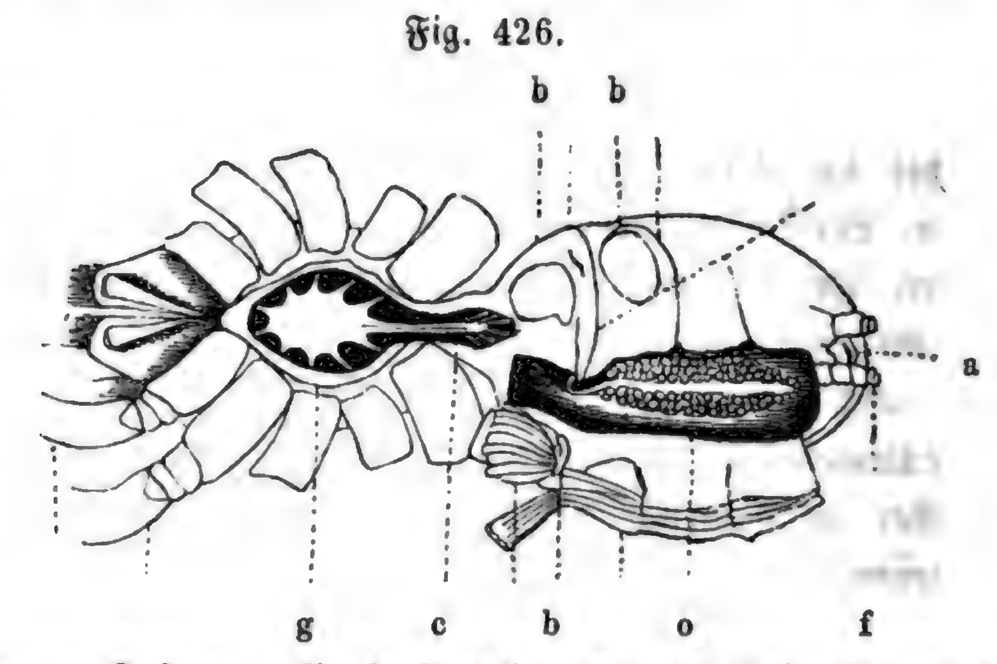
ähnlich aus zwei getrennten oder (bei sehr schmalen Formen) verschmolzenen Bauchnerven-Strängen gebildet ist, welche viele hintereinander liegende, unter sich ganz gleiche Nerven-Knoten zeigen. Sind zwei getrennte Stränge vorhanden, so vereinigen sie sich wenigstens in diesen Knoten, mitunter aber auch streckenweise weiter. Knoten sind so viele als Körper-Ringel; jeder sendet die Nerven-Fäden für den ihm entsprechenden Ringel in gleicher Zahl und Beschaffenheit aus, den Kopf- und etwa Genital-Ringel ausgenommen, welche deren mehr brauchen, daher im Kopfe ein großer oberer Schlundring-Knoten mit Nerven für die Augen und Fühler und ein kleinerer unterer für die Mund-Theile unterscheidbar sind; auch ein Eingeweide-Nerv ist vorhanden. — Die Sechsfüßer (S. 93, Fig. 54) sind ganz nach demselben Typus gebildet, besonders während des langstreckigen Raupen-Zustandes. Später oder bei den Hemimetabolen (S. 313) auch schon anfänglich sieht man jedoch mit der Zahl der Körper-Ringel auch die der Knoten theils durch Resorption und theils durch Verwachsung mit anderen benachbarten sich in der Weise differenziren und vermindern, daß nächst den Kopf-Ganglien die die Füße und Flügel versorgenden Brust-Ganglien (wie schon bei den großschwänzigen Dekapoden, S. 93, Fig. 55; Fig. 423) größer sind und zahlreichere Nerven abgeben, die kleineren Bauch-Ganglien dagegen näher zusammengerückt und in Folge dessen zuletzt oft nur noch durch einen einfachen Längs-Strang verkettet und minder zahlreich als die Bauch-Ringel sind, daher denn auch der letzte Knoten wieder mehre Ringel mit Nerven zu versorgen genöthigt ist. Vergleicht man die beiden Formen des Nerven-Systemes im Raupen- und Nymphen-Zustande der Schmetterlinge (Fig. 425) unter sich und mit der Form bei den Myriopoden, so kann man sich noch

Fig. 425.

Sphinx ligustri.
Nerven-System: A im Raupen-, B im Schmetterlings-Stande.

weniger als beim äußeren Anblick erwehren, die letzten als embryonische Typen der ersten zu betrachten, obwohl der Körper der letzten vom Eie an die Zahl der homonymen Fuß-tragenden Ringel vermehrt, die ersten die Zahl ihrer Füße vermindern, den Grad der Heteronomie ihrer Ringel steigern und in Bezug auf den Nerven-Strang beide Wege einschlagen. — Noch weiter geht die Differenzirung des Nerven-Systemes bei den Arachnoideen, freilich mit sehr bedeutenden Modifikationen, die mit ihrer äußeren Ausstattung im Zusammenhange stehen. Die gestreckten Pyknogoniden mit verkümmertem Abdomen haben vier die 4 Fußpaare versorgende Bauch-Ganglien, zwischen welchen man keine Verbindung zu erkennen vermochte. Die Kopf-Theile erhalten ihre Nerven aus dem vordersten derselben (unter dem Schlunde gelegen); und nur in einem Falle ist es bis jetzt gelungen, deren Ring-förmige Fortsetzung auch an der Oberseite des Schlundes zu erkennen. Die meist kurz-gestaltigen Tracheen-Spinnen mit auch minder entwickelten Kopf-Organen besitzen nur einen schwachen Schlund-Ring fast ohne Ganglien-Anschwellung, aber einen starken Nerven-Knoten mitten in der Brust, welcher Beine und Hinterleib mit Nerven versorgt. Bei den Lungen-

Fig. 426.



Mygale: Nerven-System; g Brust-Ganglion mit den Bein-Nerven und c den 2 zum Abdomen gehenden Strängen, die sich in einen Knoten verbinden, von welchem zahlreiche Äste ausstrahlen; b b Lungen; o Ovarium; f Spinnwarzen; a After.

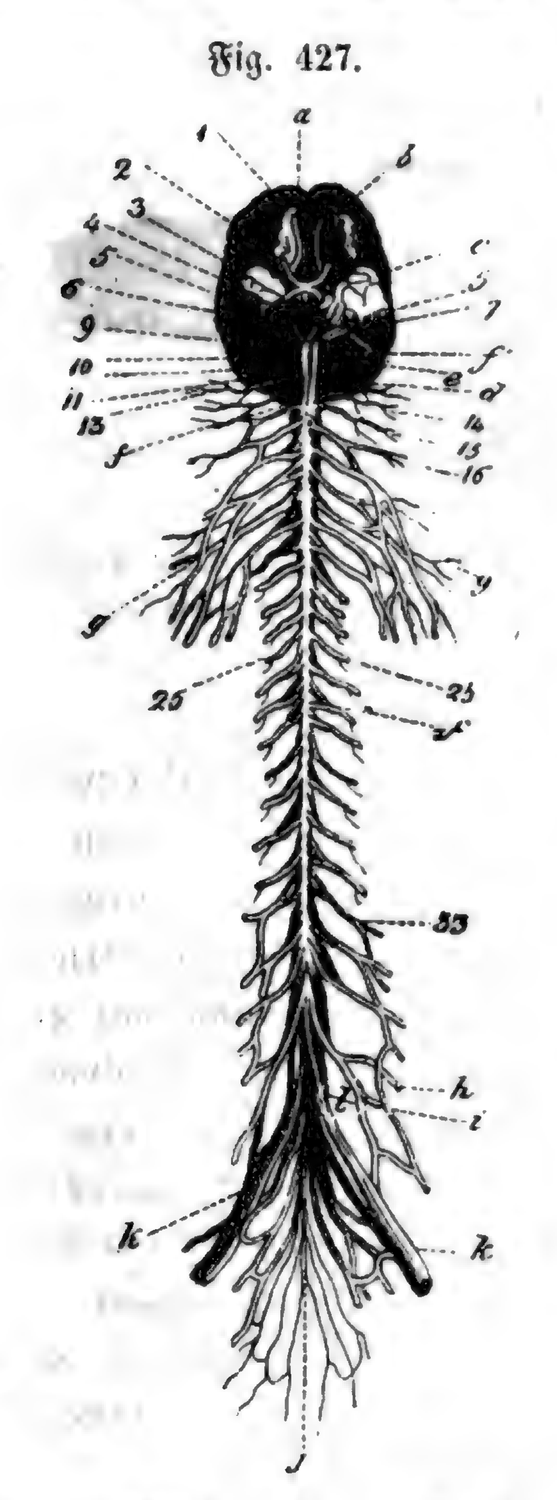
Spinnen dagegen ist das Gehirn-Ganglion oben am Schlund-Ring ansehnlich, da es Augen, Kiefer, Kiefer-Fühler und Palpen mit Nerven zu versehen hat; der Brust-Knoten (Fig. 426) für sämmtliche Bewegungs-Organe ist sehr ansehnlich und mit erstem durch mehre

Stränge verbunden; auch an das Abdomen gibt er zwei starke Stränge ab, die sich am Ende wieder zu einem dritten Knoten verbinden, aus welchem After und Spinn-Organe ihre Nerven erhalten. Bei den mit langem Schwanz-förmigen Abdomen mit Giftstachel bewehrten Skorpionen erkennt man (in der Jugend) die Verwachsung des großen, die Sinnes- und Mund-Werkzeuge zugleich versorgenden Kopf-Knotens aus zwei Ganglien, während der Hinterleib 8 hintereinander gereihete Ganglien zählt. Bei diesen zwei letzten Gruppen sind auch vom Gehirn-Knoten ausgehende Nerven-Verzweigungen für den Magen bekannt. Hier ist also die Differenzirung weiter als bei den Sechsfüßern gediehen. — Indem wir zu einem neuen Kreise, den Wirbel-Thieren, übergehen, finden wir den bisherigen doppelten Nervenstrang auf der Mittellinie des Bauches mit seinen mehr und weniger zahlreichen Nerven-Knoten ganz aufgegeben; das im knöchernen Schädel wohl-beschützte Gehirn setzt ohne Schlund-Ring unmittelbar in das starke aber fast einförmige, im Kanale der Wirbelsäule eingeschlossene Rücken-Mark fort, aus welchem zwischen je 2 Wirbel-Paaren stets ein Paar ästiger Nerven entspringt, welche aus einem sensibeln und einem motorischen Strange zusammengesetzt sind, während das sympathische Nerven-System mit dem Haupt-Systeme nur in sehr mittelbarer Verbindung steht. Indem nun jene erste Veränderung auf einem gänzlich neuen Plane fußt, auch die Anwesenheit der beiden Systeme im Körper und die Unterscheidung der beiderlei Nerven-Stränge in jedem Nerven schon bei den Kerbthieren vorgekommen, ist es die bezeichnende Aufgabe des Wirbelthier-Kreises, in fortschreitender Steigerung das Rückenmark als Mittel-Achse der Bewegungs-Thätigkeit immer mehr über die Bedeutung eines bloßen Nerven-Stammes zu erheben, das Gehirn als Mittelpunkt des gesammten Nerven-Systemes immer überwiegender in seiner Masse, immer differenter von dem übrigen Nerven-System wie in seinen eigenen einzelnen Theilen, immer konzentrirter in der Anordnungs-Weise dieser Theile zu machen und deshalb auf diesem Wege zu einem immer klareren Bewußtsein, einer deutlicheren Beurtheilung der Zweckmäßigkeit seiner Handlungen und zu einem bestimmteren Willen zu befähigen. Obwohl indessen das Gesetz der Differenzirung auch hierin vorzugsweise thätig ist, so wirken doch auch die anderen Entwickelungs-Gesetze in einer Weise mit, daß wir, obwohl später ausführlicher auf sie zurückzukommen genöthigt, die Berücksichtigung ihrer Leistungen schon hier nicht ganz ausschließen können.

Beginnen wir von den Fischen an aufwärts die fortschreitende Ausbildung des Gehirnes zu verfolgen, so müssen wir zum Anfange, wie es scheint, wieder um eine Stufe herabsteigen. Wir sehen dann die Ausbildung von den Fischen bis zum Menschen einen Weg einschlagen, welcher dem bei dem menschlichen Individuum während seiner Entwickelungs-Zeit verfolgten einigermaßen analog ist. Die Wirbelsäule und der Schädel sind bei einem Theile der Fische, wie früher S. 352 gezeigt worden, nur knorpelig. Gehirn und Rückenmark bilden beim menschlichen Fötus anfangs, wo sie noch kaum erkennbar sind, eine dünne Röhre und bei dem reifen Branchiostoma, diesem perennirenden Fötus der Fisch-Klasse, eine Ausfüllung der fast bloß häutigen Wirbel-Saite, worin das Gehirn vom Rückenmark noch nicht unterscheidbar ist (indem es als solches „ganz fehlt"). Doch schon bei den nächsten Knorpelfischen wird die Unterscheidung möglich und steigt rasch immer weiter. Das Rückenmark überhaupt (Fig. 427, 428) besteht aus motorischen und sensiblen Nerven-Fasern und eingestreuten Nerven-Kügelchen. Jeder der zwei Nerven, welcher auf der Grenze zweier Wirbel aus dem Rückenmarke durch die Wirbelsäule hervortritt, entsteht durch die Gabel-förmige Vereinigung zweier Zweige oder Bündel, wovon der von der Rücken-Seite her eintretende und an seiner Verbindungs-Stelle meistens mit einem Ganglion versehene Zweig die sensiblen, der von der Bauch-Seite her kommende die motorischen Funktionen vertritt. Die Menge von Nerven, welche die Wirbelsäule in den Körper auszusenden hat, ist größer und diese Nerven selbst sind stärker, als Dieß bei dem Bauch-Strange der Kerbthiere der Fall ist; aber gleichwohl scheint das Rückenmark an seinem Ursprunge dünner zu sein, als die sämmtlichen Nerven zusammengefaßt; es nimmt ferner in seinem Verlaufe nicht in dem Verhältnisse an Dicke ab, als es bereits eine größere Zahl Nerven ausgesendet hat, sondern zeigt sich vielmehr in der Lenden-Gegend erweitert; endlich lehrt die Erfahrung, daß unter mancherlei Umständen schon im Rückenmarke selbst die sensiblen Nerven auf die motorischen wirken können, ohne erst bei dem Gehirne anzufragen. Dieß sind die wichtigsten Verschiedenheiten zwischen dem Rückenmarke und den früheren Nerven-Strängen. Das Gehirn läßt von Klasse zu Klasse und selbst von Ordnung zu Ordnung eine deutliche stufenweise Vervollkommnung wahrnehmen. Zuerst bilden sich bei den Fischen (Fig. 429), wie im menschlichen Fötus, vor der Medulla oblongata, welche die Verbindung mit dem Rückenmarke

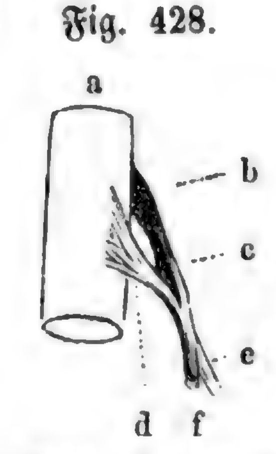
herstellt, drei hintereinander liegende Abtheilungen desselben, die von hinten nach vorn als kleines Gehirn, Vierhügel und großes Gehirn unterschieden werden; am Ende der vorderen entspringt der Riechnerv.

Fig. 427.



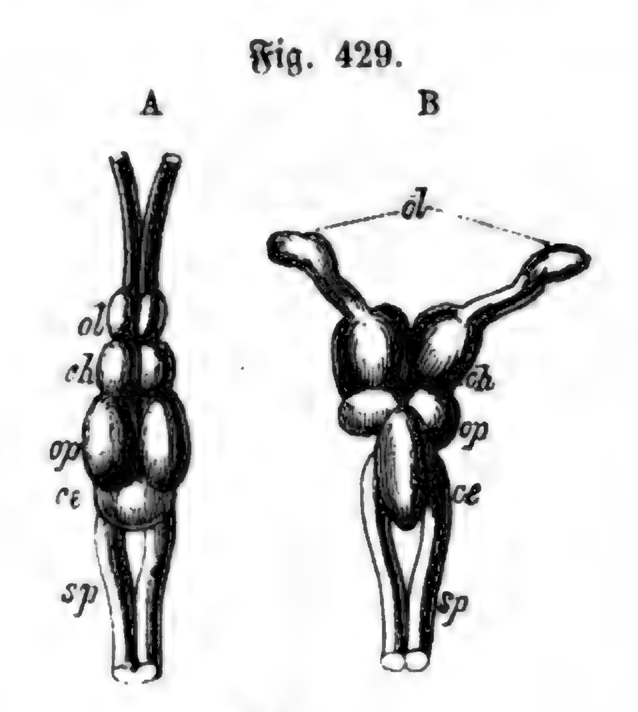
Hirn und Rückenmark des Menschen im Zusammenhang. Man sieht hier auch, wie sich Nerven in einiger Entfernung vom Rückenmarke zu Geflechten (g) oder stärkeren Stämmen (k) verbinden können, was jedoch für die Funktion der Nerven-Fasern bedeutungslos ist.

Fig. 428.



Theil des Rückenmarkes von vorn mit den beiden Wurzeln eines Nerven: b hintere Wurzel mit c einem Ganglion; d vordere Wurzel, aus einzelnen Bündelchen zusammentretend; der Nervenstamm zerfällt sogleich wieder in zwei Hauptäste e, f.

Fig. 429.



Hirn von
Gadus morrhua; Squalus;
sp die sogenannte medulla oblongata, der Theil, durch welchen Hirn und Rückenmark sich verbinden; ce kleines Gehirn; op und ch Vierhügel und großes Hirn; ol der sogenannte lobus olfactorius.

Bei den Reptilien (Fig. 430, S. 396) sind im Allgemeinen diese Theile schon näher zusammengedrängt. Bei den Vögeln unterscheidet sich das kleine Gehirn durch seine blätterige Beschaffenheit, das große durch seine schon überwiegende Größe, die Vierhügel sind

mehr auseinander gerückt (Fig. 431,432). Das Zusammenrücken dieser Theile, die über die andern vorwaltende Entwickelung des großen Gehirns und die zunehmende Zusammengesetztheit der 3 Haupttheile,

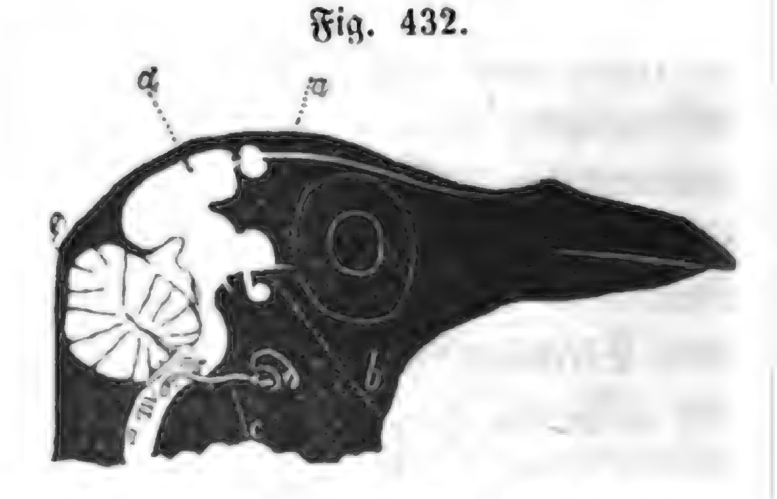
Fig. 430.

Hirn eines Reptils; a großes Gehirn, b Vierhügel, c kleines Gehirn.

Fig. 431.

Hirn eines Vogels;

Fig. 432.



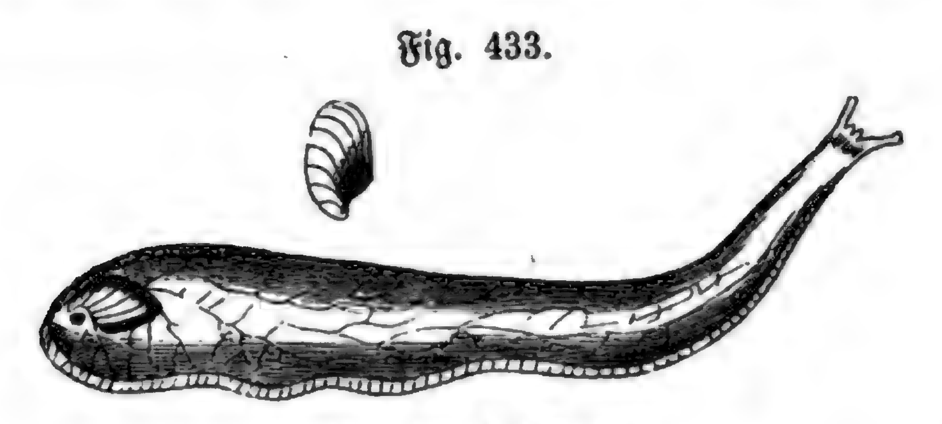
Durchschnitt vom Kopfe einer Krähe; a Riechnerv, b Sehnerv, c Hörnerv, d großes, e kleines Gehirn.

wodurch diese immer ungleicher unter sich werden, — die Überwölbung des ersten von oben zuerst über die Vierhügel und dann über das kleine Gehirn, welche zuletzt ganz davon bedeckt werden, die Überwölbung auch nach vorn in der Weise, daß der Riechnerv vom vorderen Ende an die Unterseite gedrängt wird, die tiefere Scheidung des großen Gehirns in zwei nebeneinander liegende Hemisphären, die allmähliche Verengerung der anfangs vorhandenen inneren Höhlen oder Ventrikel, die tiefere und verwickeltere Ausprägung der mäandrischen Windungen an der Oberfläche wie die Kugel-Gestaltung des Ganzen schreiten auch in der Klasse der Säugethiere noch immer weiter voran, um dieses edelste aller Gebilde zuletzt beim Menschen auf die höchste Stufe möglicher Ausbildung zu bringen. So stellen sich Gehirn-Windungen unter den Vögeln nur bei den Papageyen ein und fehlen bei den Säugethieren nicht nur im Allgemeinen den unvollkommneren Ordnungen, sondern auch den unvollkommneren Familien der höheren und selbst höchsten Ordnungen (Affen). So liegen bei den Eplazentalen die einzelnen Theile des Gehirnes noch viel offener und viel mehr hintereinander-gereihet, als Dieß bei den Plazentalen der Fall ist u. s. w.

Wir kommen auf die Sinnes-Organe zurück, deren Anfänge wir im Gemeingefühle der Amorphozoen, in den Tentakel-Kränzen (zugleich Greifarmen) der Polypen, in den Augen-bergenden Randfäden am Hute der Schirm-Quallen, in den Pedizellen und Mund-Ten-

takeln ohne Saugscheibchen bei den Echinodermen, in den farbigen (Augen-) Punkten an den Arm-Spitzen der Seesterne und dem Scheitel der Echinoideen, endlich in einem Gehör-Bläschen bei den Rippen-Quallen erkannt zu haben glauben. Alle diese Organe mit Ausnahme des letzten sind mehrzählig, der Grundzahl der Aktinozoen (4 oder 5) entsprechend, vorhanden. Paarige Fühler und Taster sind die fast nothwendigen Begleiter der Mund-Theile und Manducations-Organe bei solchen Thieren, die ihre bewegte Nahrung nicht durch Wasser-Strudel in den Mund zu leiten vermögen, im Freien eines freien Orts-Wechsels genießen, jedoch entweder noch keine Augen besitzen oder diese so gerichtet haben, daß sie dem Munde wenig Nutzen bringen können. Aber auch sie sind bei festsitzenden und parasitischen Thieren, so wie noch dann oft ziemlich entbehrlich, wenn die Nahrung aus ruhenden fauligen Stoffen besteht, welche durch den Geschmack und Geruch verrathen dem Thiere nicht wohl entgehen können. Bei den Bryozoen sind die Mund-Arme, bei den Acephalen die Lippen-Anhänge wohl zugleich Greif- und Tast-Organe. Wir finden weiche ungegliederte und oft aus- und ein-stülpbare Fühler bei allen Gastropoden, wo sie jedoch öfters auch als Stiele für die sehr unvollkommenen Augen dienen, welche an ihrer Spitze oder Seite sitzen. Sie bilden ein (Nerita, Fig. 49; Tergipes, Fig. 288; Tritonia, Fig. 50; Limnaeus, Fig. 341; Natica, Fig. 420), bei Landschnecken oft zwei (Helix, Fig. 281; Testacella, Fig. 433),

Fig. 433.

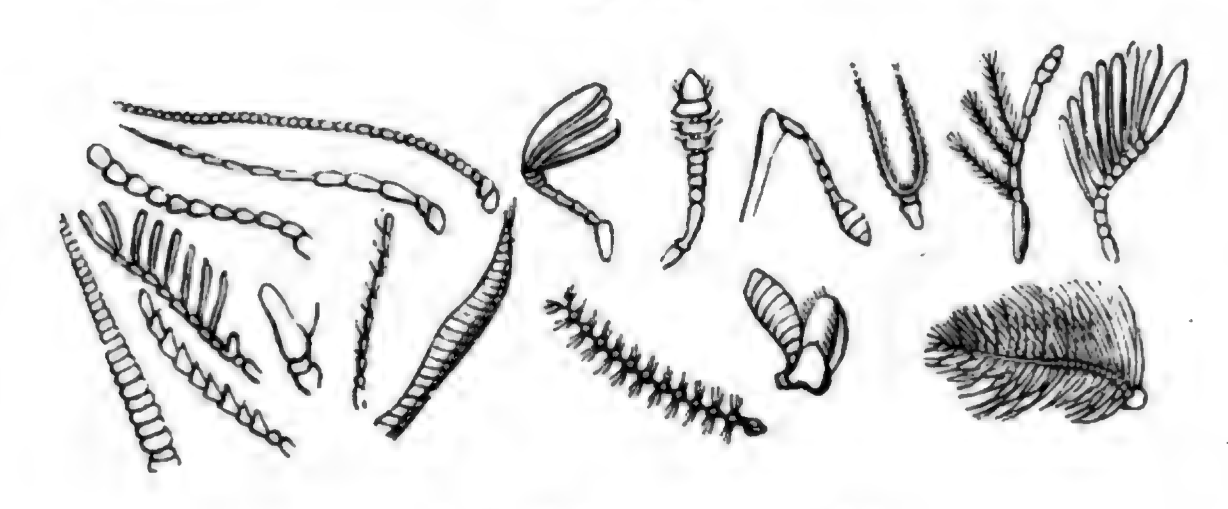


Testacella nebst Schaale.

selten drei Paare. Bei den Cephalopoden sind die Arme Tast- und Greif-Organe zugleich. Unter den Kerbthieren begegnen uns zunächst wieder mehrzählige und oft ästige Fühler bei einem Theile der frei-beweglichen Chätopoden, obwohl sie auch unvollkommene Augen zu besitzen pflegen (Nereis, Fig. 178; Syllis, Fig. 293). Die Kruster haben, mit Ausnahme der unvollkommensten unter ihnen und der

parasitisch lebenden, ein und gewöhnlich zwei Paar Fühler, welche von hier ab gegliedert, nicht einziehbar aber zurückschlagbar und von manchfaltiger Gestalt sind (Astacus, Fig. 62, 423; Orchestia, Fig. 183; Telephusa, Fig. 217; Phyllosoma, Fig. 349 ꝛc.) Die Sechs- und Tausend-Füßer haben ohne Ausnahme nur noch ein Paar Fühler ebenfalls von vielfältiger Form und Länge vor den Augen (vergl. Fig. 63, 65, 304, 307, 108, 311—314; dann Fig. 434);

Fig. 434.

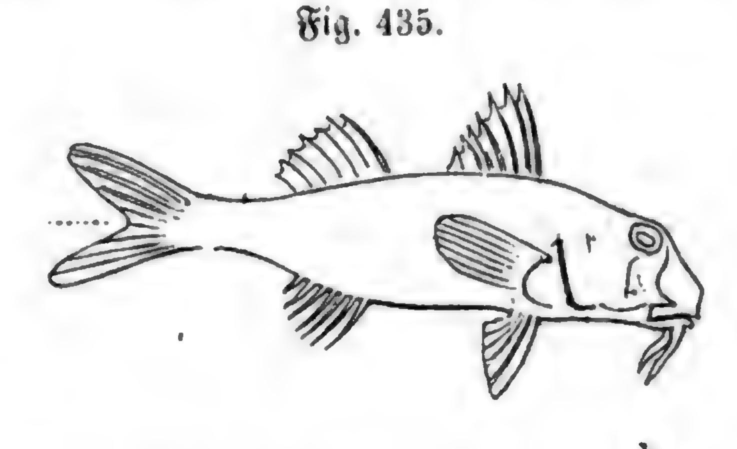


Fühler-Formen von Sechsfüßern.

während dieselben bei den Arachnoideen in Scheeren- und Zangenförmige Oberkiefer umgewandelt sind. Die Palpen, Taster oder Freßspitzen, welche diese drei Kerbthier-Klassen besitzen, dienen wohl hauptsächlich dazu, die Nahrung zurechtzulegen und passend in den Mund zu bringen, womit ihnen jedoch ein Anspruch auf wirkliches Tast-Vermögen nicht bestritten werden soll (Kruster, Fig. 236; Käfer, Fig. 54, 238, 239). Die Zahl der Glieder, woraus die Fühler der Kruster, Myriopoden und Hexapoden zusammengesetzt sind, geht bei allen dreien von 300—200 auf 12—10 und weniger herab; aber die Gliederung ist stets um so unvollkommner, je mehr der Glieder sind ꝛc. Weiterhin, im Kreise der Wirbelthiere, kommen bei den sonst gewöhnlich hoch entwickelten Sinnes-Werkzeugen besondere Tast-Organe nicht mehr vor, außer bei Fischen, wo die den Mund oft umgebenden Bärteln oder Bartfäden wohl meistens zu diesem Zwecke bestimmt sind (Mullus, Fig. 435; Silurus, Fig. 436), bei Raubthieren aber auch, wie namentlich von Lophius (Fig. 222) behauptet wird, zum Anlocken kleiner Beute-Thiere dienen mögen. Bei Silurus (Fig. 436) liegen den seitlichen Fäden die verlängerten Kiefer-Beine zu Grunde, welche durch die Zwischenkiefer-Beine fast

ganz von der Betheiligung an der Mund-Bildung verdrängt sind. Die Stelle der Bärteln vertreten bei Vögeln und Säugethieren noch einigermaßen die Spürhaare und Schnurrborsten (auch die Haare der Raupen sind wohl zum Theil zu berücksichtigen). Beim Menschen konzentrirt sich der Tastsinn besonders in den Finger-Spitzen. Im Ganzen aber gehören die Tastorgane zu den wenigen, welche in den höheren Klassen des Thier-Reiches nicht vor- sondern rück-wärts schreiten, weil sie durch die Entwickelung der übrigen Sinne entbehrlich werden.

Fig. 435.



Mullus barbatus; b Bärteln.

Fig. 436.



Silurus glanis.

Geschmack, die Fähigkeit im Wasser aufgelöste Stoffe zu erkennen und, so weit als diese Auflösung sich etwa von einem Mittelpunkte aus verbreitet, die Richtung dieses letzten selbst zu errathen, um ihn sofort aufzusuchen und zu verfolgen, besitzen offenbar schon die kleinsten und unvollkommensten Thiere; von ihm hängt für sie die Möglichkeit ab, ihre Nahrung aufzufinden und in nächster Nähe zu erkennen. Indessen mag diese Fähigkeit ihren Sitz in der weichen feinsten Oberhaut fast des ganzen Körpers haben, in dessen Gemeingefühl eben auch der Geschmacks-Sinn mit eingeschlossen ist. Doch mag er immerhin oft in der Lippe oder der Mund-Höhle vorzugsweise seinen Sitz gewinnen. Bei den Fischen ist er in den Wandungen der Mund-Höhle; bei den Säugethieren in der Zunge; bei

den meisten Reptilien und Vögeln ist man darüber noch im Ungewissen, wenigstens scheint in den meisten Fällen ihre Zunge nur ein Schling-Organ wie bei den Bauchfüßern zu sein. Die Schmeck-Funktion bringt es also selbst in den höchsten Klassen nur bis zum Entleihen eines fremden Organes.

Der Geruchs-Sinn ist zur Wahrnehmung Luft-förmiger oder in der Luft aufgelöster Stoffe bestimmt; er wird also vermuthlich bei den ganz ins Wasser verwiesenen Thieren eine untergeordnete Bedeutung haben. In der That kennt man bis zu den Cephalopoden herauf einen Sitz, ein Organ desselben nicht, und vielleicht ist nicht einmal die Funktion überall zu beweisen möglich, da nicht immer unterschieden werden kann, ob ein eine Wahrnehmung verfolgendes oder vermeidendes Thier die im Wasser oder die in der Luft des Wassers aufgelösten Stoffe erkennt. Bei den Kopffüßern dienen als Geruchs-Organe zwei ungleiche Grübchen am hinteren und vorderen Augen-Rande mit einem Wärzchen in ihrem Grunde, in welches sich ein starker Nerv begibt. Unter den Krustern hat man ein Geruchs-Organ bis jetzt nur bei den Dekapoden gefunden, eine Höhle im Grunde des ersten Fühler-Paares, welche mit Nerven-reicher und in Haaren sich erhebender Wand ausgekleidet durch einen engen Spalt nach außen kommunizirt. Für die Deutung dieses Organes als Geruchs-Werkzeug spricht, wie wir sogleich sehen werden, die Analogie der Lage mit der bei den Sechsfüßern; allein das Vorkommen kleiner Otolithen-artiger Steinchen im Innern würde Gehör-Apparate darin vermuthen lassen, in welchem Falle die 2 Trommel-artig überspannten Höhlen hinter den kleinen Fühlern für Ohren zu halten wären, worin sich ebenfalls Nerven verbreiten. Bei den Hexapoden und Myriopoden zeigen sich die Fühler durch Gerüche leicht erregbar und scheint die zarte oft fein durchlöcherte Haut zwischen den einzelnen Fühler-Gliedern deren Einwirkung zu vermitteln. Womit aber die Fühler-losen Arachnoideen riechen, ist wieder unbekannt. Bei allen Wirbelthieren hat der Geruchs-Sinn seinen Sitz in den Nasenhöhlen, welche bei Fischen klein und blind auftreten, bei Reptilien, Vögeln (S. 396, Fig. 432) und Säugethieren (Fig. 437) nach innen mit dem Schlunde zusammenhängend und die Respiration vermittelnd von Stufe zu Stufe weiter und ausgedehnter werden, mit Nebenhöhlen in Verbindung treten und endlich sechs knöcherne Nasen-Muscheln aufnehmen, um die Oberfläche zu vergrößern, über welche sich die die Riechnerv-Verzweigungen enthaltende Schleimhaut noch

ausdehnen kann, um so die Geruchs-Wahrnehmungen zu verstärken. Unter den Fischen haben nur die Cyclostomen noch perforirte (aber kleine) Nasenhöhlen, was wieder für ihre Amphibien-Natur spräche; unter den Säugethieren aber fehlt den ans Wasser gebundenen Walen der Riech-Nerv in der Nasenhöhle ganz. Der Geruchs-Sinn bringt es also bis zur Erwerbung eines eigenen Organes, muß es aber bei den Lungen-Thieren wieder mit der Respiration theilen.

Fig. 437.

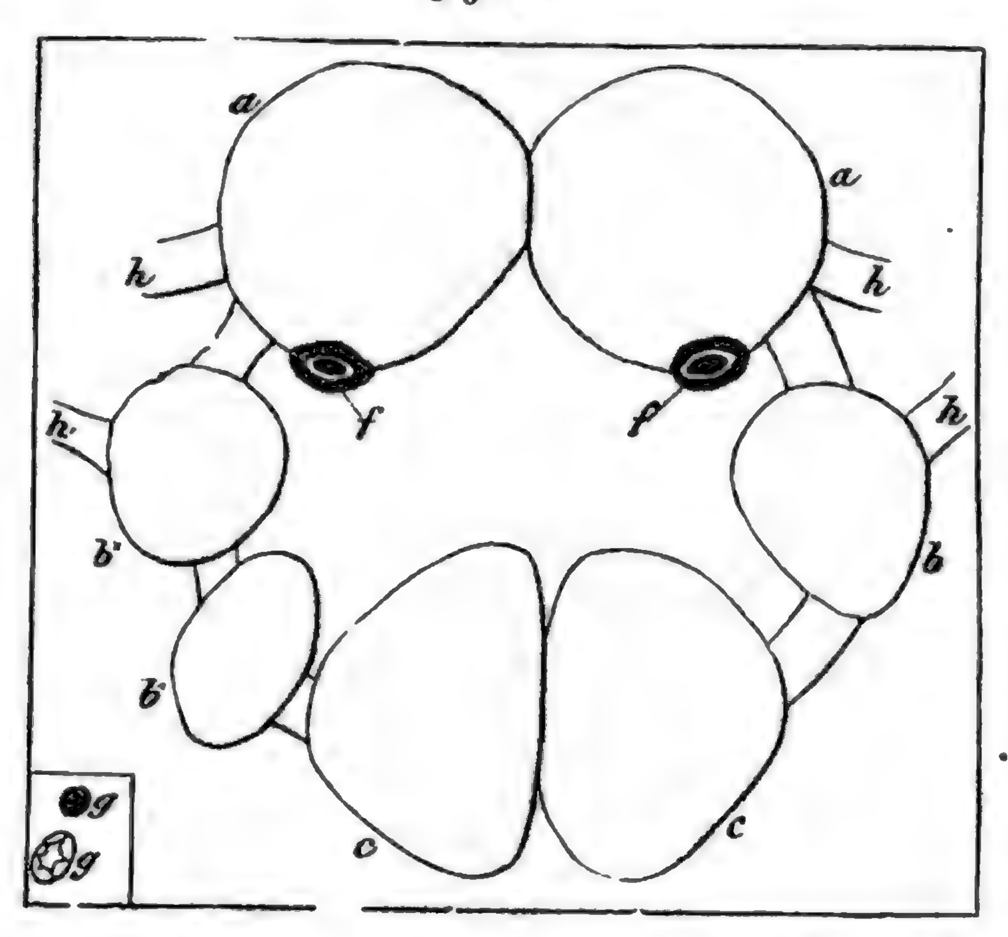
Nasenhöhle des Menschen.
a oberer Theil der Mundhöhle; b Nasenloch, c Eingang zur Eustachischen Röhre (vergl. Gehörorgan), d Theil der Schädelbasis, e Stirn, f, h unterer und mittlerer Nasengang, unter der untersten (g) und mittlen (i) Muschel, k obere Muschel, l Stirnhöhle, m Höhle des Keilbeins, n hintere Nasenöffnung, o Gaumenseegel.

Ein wohl entwickeltes Gehör mag den beständig im Wasser lebenden Thieren entbehrlicher sein als den Land-Thieren, da es sich für jene nur um die Wahrnehmung der Schwingungen des dichteren Wasser-Elementes handelt, welche kräftig überall an deren Oberfläche schlagen und sich somit fühlbarer auf dieselbe übertragen, als die Schwingungen der viel minder dichten Luft. — Wenn das als Gehör-Organ gedeutete Bläschen der Rippen-Quallen wirklich ein solches ist, so beginnt dasselbe in der Klasse der Medusen; außerdem kömmt es erst bei den blattkiemenigen Muscheln wieder zum Vorschein: ein auf den Fuß-Ganglien liegendes Paar Bläschen mit einem Otolithen in steter zitternder Bewegung, welche durch Flimmerhaare vermittelt wird. Bei den Pteropoden und Gastropoden (Fig. 438, S. 402) liegt es auf dem unteren oder oberen Schlund-Nervenknoten, und jedes Bläschen enthält der Otolithen gewöhnlich viele, dreißig bis hundert. Bei den Cephalopoden endlich bestehen diese Organe in zwei ganz geschlossenen Höhlen in dem das Gehirn umschließenden Knorpel, die ein Birn-förmiges Bläschen mit einem Otolithen enthalten, in welches der Gehör-Nerv eintritt. — Unter den Entomozoen haben einige vollkommnere Würmer (Chätopoden) ebenfalls kleine Bläschen mit fibrirenden Otolithen, so daß sie noch nach früherem Typus gebildet erscheinen. Bei den zehnfüßigen Krustern dagegen ist es etwas unsicher, welche der beiden vorhin (S. 400) erwähnten paarigen

Organe für Geruchs= und welche für Gehör=Werkzeuge zu nehmen sind. Bei den Sechsfüßern, welche sicherlich für den Schall nicht unempfindlich sind, kennt man das Gehör=Werkzeug bis jetzt nur bei den Locusten und zwar im Knie der Vorderbeine, mit einem Trommelfelle in der Vorderbrust zusammenhängend und von einem Nerven vom dritten Brust=Ganglion versorgt, während bei den Gryllen der ebenfalls Trommel=förmige sogenannte Sing=Apparat an der Hinterbrust dafür zu nehmen wäre. Bei den Myriopoden und Spinnen aber hat man bis jetzt ganz vergeblich darnach geforscht. Hier scheinen also überall große Unregelmäßigkeiten in der



Fig. 438.



Gehör=Organ von Limnaeus stagnalis, der untere ebenfalls ringförmige Theil des Nerven=Schlundrings aus 7 Ganglien bestehend; er verbindet sich mit dem oberen durch die Commissuren h h; an dem großen vorderen Ganglien=Paare a a liegen die 2 Gehör=Bläschen f f mit ihren Otolithen g g, die an einer Seite eine kleine Öffnung besitzen.

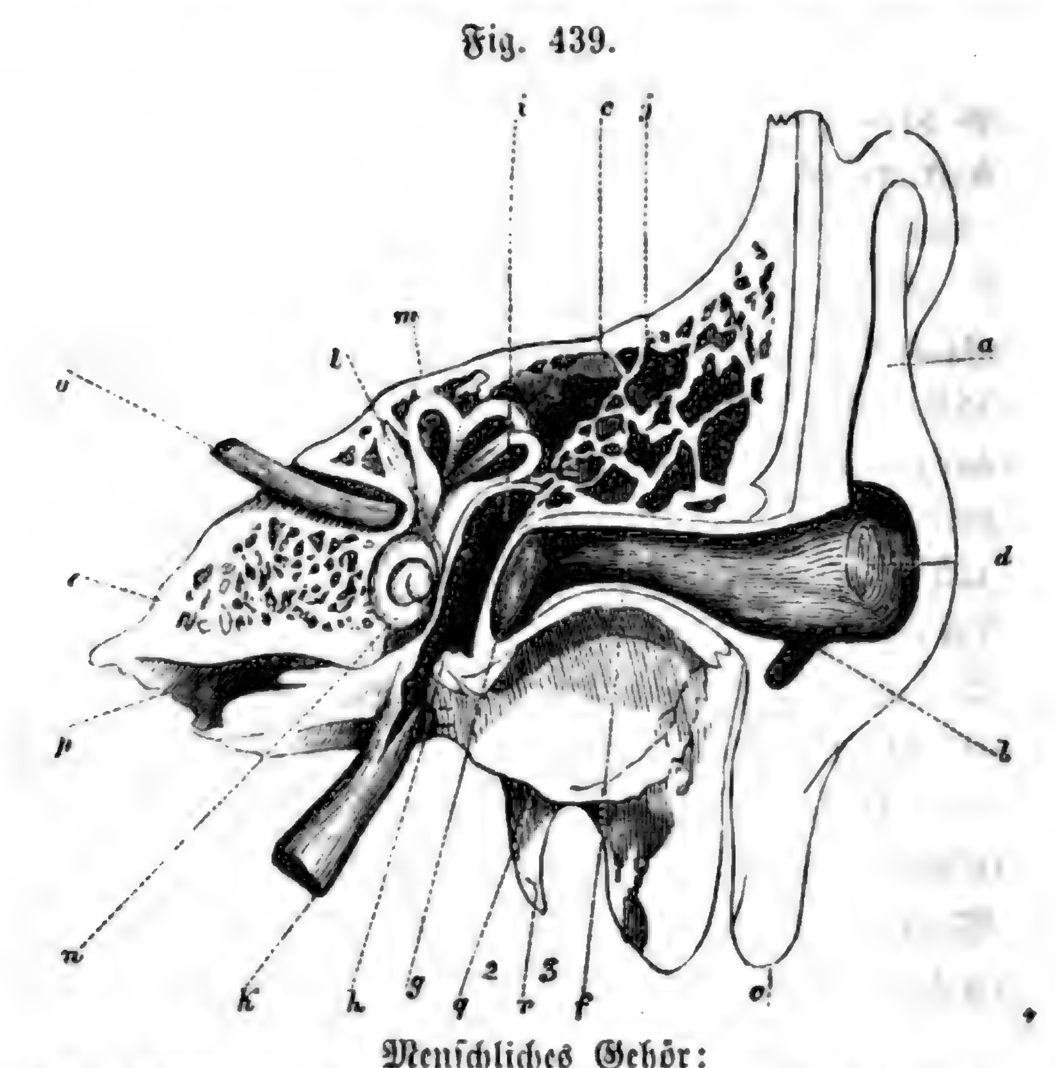
Entwickelungs=Reihe dieser Organe unterzulaufen, die größtentheils wahrscheinlich nicht in der Natur, sondern in dem noch mangelhaften Stande unserer Kenntnisse ihren Grund haben. Erst bei den Wirbelthieren zeigt sich eine gleichmäßigere Skala und allmählich sehr hohe Entwickelung durch Differenzirung einer großen Anzahl von Theilen. Das Labyrinth genannte Organ liegt dort überall im Kopfe, dem

Gehirn nahe gerückt und aus diesem mit Nerven versorgt. Bei den Fischen befindet es sich im Innern des Schädels, ohne Verbindung mit der Oberfläche und besteht aus einem Vorhofe und drei halbzirkel-förmigen Kanälen, an deren Wandungen sich die Verzweigungen des Gehör-Nerven in einer feuchten Haut ausbreiten. Bei den Reptilien ist seine Bildung manchfaltig, doch im Ganzen vollkommner. Von außen führt meist erst eine kurze, an der Oberfläche des Kopfes mit einem flach oder etwas vertieft liegenden Paukenfelle überspannte, hinten noch häutige Paukenhöhle zu einer ebenfalls überspannten Öffnung, dem eirunden Fenster des Labyrinthes, auf welches ein meistens einzelnes Gehör-Knöchelchen seine von außen erhaltenen Schwingungen überträgt; doch fehlt den Salamandern und Schlangen sowohl Paukenhöhle als Paukenfell, und das Knöchelchen ist verkümmert, während es bei den Fischen dreifach ist. Dagegen vermehrt sich bei allen Monopnoen das Labyrinth noch durch die Schnecke, einen aus $2^1/_2$ Umgängen gebildeten spiralen Kanal mit einer mittlen Längs-Scheidewand, welche die Fläche vergrößert, über die sich der Gehör-Nerv ausbreiten kann. Bei den Vögeln und Säugethieren sind Paukenfell, Paukenhöhle und ein aus Vorhof, drei halbzirkelförmigen Kanälen und Schnecke bestehendes Labyrinth vorhanden. Die Vögel haben dann in der Paukenhöhle nur ein einziges Gehör-Knöchelchen und besitzen außer bei den Eulen kein äußeres Ohr, wogegen bei jenen letzten, die Cetaceen und meisten Robben als Wasser-Bewohner ausgenommen, eine mehr oder weniger entwickelte Ohrmuschel die Schall-Strahlen sammelt und durch einen Gehör-Gang zum Paukenfell leitet (Fig. 439, S. 404). Die Säugethiere (Fig. 439, 440, S. 404, 405) besitzen deren vier: Hammer, Ambos, Linse und Steigbügel genannt. Im äußeren Gehör-Gange sitzen dann noch die Ohrenschmalz-Drüsen. Die Paukenhöhle kommunizirt durch die Eustachische Röhre (S. 401, Fig. 437 c) mit der Mundhöhle, um einen Luftwechsel zu vermitteln, und im Labyrinthe ist noch ein zweites rundes Fenster vorhanden, welches durch die Schwingungen der Luft in der Paukenhöhle erschüttert wird, während die zusammen eine Kette bildenden 4 Gehör-Knöchelchen die Schwingungen des Paukenfells unmittelbar an das eiförmige Fenster übertragen. Der Gehör-Nerv wird also auf zwei Wegen affizirt und pflanzt seine Eindrücke auf das Gehirn fort.

Die Organe zur Unterscheidung von Licht und Formen sind die am allgemeinsten verbreiteten Sinnes-Werkzeuge. Sehen ist nächst

Fühlen, was eine Zeit lang alle anderen Sinne vertreten kann, am nothwendigsten. Farbige lichtbrechende Punkte, welche Augen zu sein scheinen, auch zum Theil mit Nerven versehen sind, haben

Fig. 439.



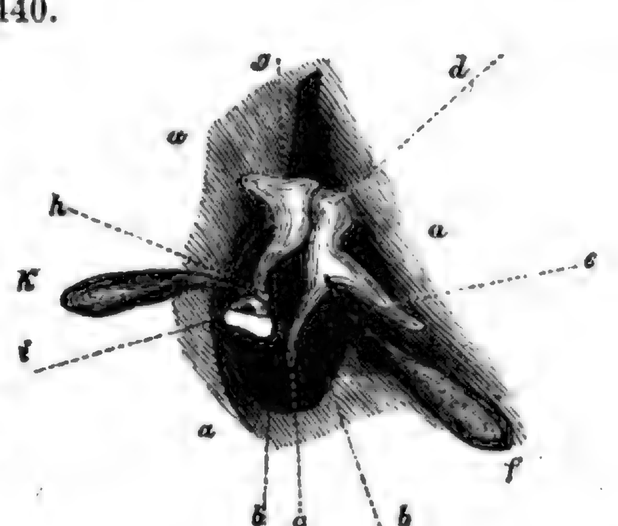
Menschliches Gehör:
a, b, c äußeres Ohr; d Beginn des äußeren Gehör-Organs (f); e hinterer äußerer Theil des Felsenbeines; g Trommelfell, dahinter h Trommelhöhle (ohne die Gehör-Knöchelchen); i Öffnungen, welche aus der Trommelhöhle in die Zellen (j) des Schläfenbeines führen. Dem Trommelfelle gegenüber sind fenestra ovalis und rotunda als dunkle Flecken angegeben. Diese und die Theile des Labyrinths sind in Fig. 440 vergrößert dargestellt; k Eustachische Röhre; l Vestibulum; m halbkreisförmige Kanäle; n Schnecke; o Gehör-Nerv; p Kanal für die Kopfarterie (Carotis); q hintere Wand der Gelenkhöhle für den Unterkiefer; r processus styloideus des Schläfenbeins.

wir (S. 397) schon am Hut-Rande der Quallen, an den Arm-Spitzen der Seesterne und im Scheitel der Seeigel angezeigt. Licht-Organe erhalten sich auch in allen folgenden Thier-Klassen und vervollkommnen sich weiter und weiter, so daß sie bald nicht allein mehr einen Licht-Schein, sondern bestimmte Umrisse der gesehenen Gegenstände in sich aufnehmen und durch Vermittelung des Augen-Nervs zum Bewußtsein bringen können. Doch gibt es bei den Wirbellosen wie Wirbel-Thieren auch überall einzelne blinde Familien oder wenigstens Sippen, welche theils ein für alle Male an einem bestimmten Orte festsitzen und daher sich keinen Weg mehr zu suchen

nöthig haben, theils ganz im Dunkeln leben, wo Augen ohnehin nutzlos für sie sein würden, dabei aber entweder als Parasiten unmittelbar von den Säften der Organismen leben, auf welchen sie sitzen, oder wenigstens ihre Nahrung durch Wasser-Strudel zugeführt bekommen und nicht erst zu suchen und zu erschnappen nöthig haben, oder endlich in der höheren Entwickelung anderer Sinnes-Organe Ersatz für das Gesicht finden. Manche Thiere bekommen die Augen

Fig. 440.

a die Gehörknöchelchen in ihrer Lage, von innen nach außen angesehen;
b Trommelfell;
c Fortsatz des Hammers, welcher am Trommelfell befestigt ist;
d Kopf des Hammers;
e langer Fortsatz desselben;
f Muskel des Hammers;
g Ambos, dessen einer Schenkel durch h das Linsen-förmige Knöchelchen mit i dem Steigbügel in Berührung ist;
k der Muskel des Steigbügels.



erst in ihren späteren reiferen Stadien, während andere sie dann erst verlieren. Denn da ziemlich viele Wasser-Thiere verschiedener Klassen in der ersten Jugend frei umherschwärmen und später festwachsen, so ist es auch nicht selten, daß sie durch diese rückschreitende Metamorphose die anfänglich vorhandenen Augen verlieren. So ist es bei vielen Lamellibranchiern, bei verschiedenen Würmern, bei den Cirripeden und bei vielen siphonostomen Krustern, Bopyrus u. a. der Fall. Anscheinend einfache Augen besitzen mehre Tunikaten, während sich an denen, die in größerer Anzahl am Mantel-Rande der Pectines und einiger verwandten Lamellibranchier stehen, schon eine Cornea, eine Choroidea mit Pigment-Schicht und öfters auch Iris, mitunter selbst Glas-Körper und Krystall-Linse, außer einem bestimmten Augen-Nerven (die Erklärung der Ausdrücke ergibt sich bei Fig. 446) zu unterscheiden sind. Bei den Gastropoden (Fig. 441) sind sie paarig, sitzend oder gestielt und einziehbar, am Kopfe; und eben so, aber bereits viel größer und vollkommner entwickelt bei den Cephalopoden; denn außer allen eben genannten Theilen sind auch die Retina und besonders das Auge bewegende Muskeln deutlich zu erkennen. —

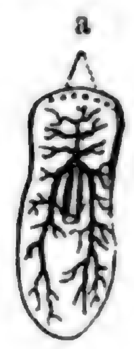
Fig. 441.



Helix-Kopf mit Fühlern und Augen.

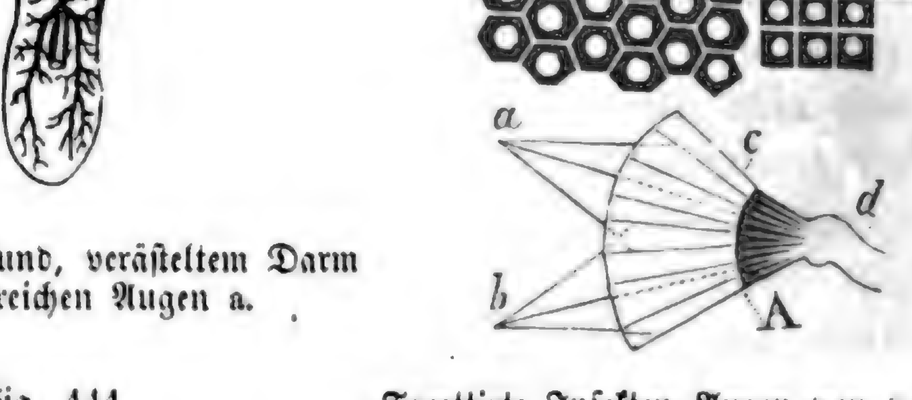
Nach dem oben Gesagten haben wir bei'm Beginne des Kerbthier-Kreises und auf den untersten Stufen mehrer Klassen desselben viele Augen-lose Formen zu erwarten, was sich vollkommen bestätigt. Doch sind die Würmer oft nur während ihrer festsitzenden Stadien blind, in den bewegten mit 1, 2, 4 und mehren (Blutegel) und öfters selbst zahlreichen (Turbellarien, Fig. 442) Augen am Kopfe versehen, welche, wieder auf tieferer Stufe als die der Cephalopoden stehend, bloß ein Pigment, eine lichtbrechende Linse und einen Augen-Nerven unterscheiden lassen. Eben so unvollkommen sind sie auch bei den Jugend-Ständen der Cirripeden, Lernäen u. a. sich metamorphosirender Kruster, mit zusammengesetzten Augen beisammen auch bei einigen reifen Entomostraca (Lynceus, Apus). Die übrigen höher entwickelten Kruster haben zusammengesetzte und daher facettirt aussehende Augen, in welchen jede der vier- oder sechs-eckigen Facetten immer einem besonderen Äugelchen mit Hornhaut, Glas-Körper und

Fig. 442.



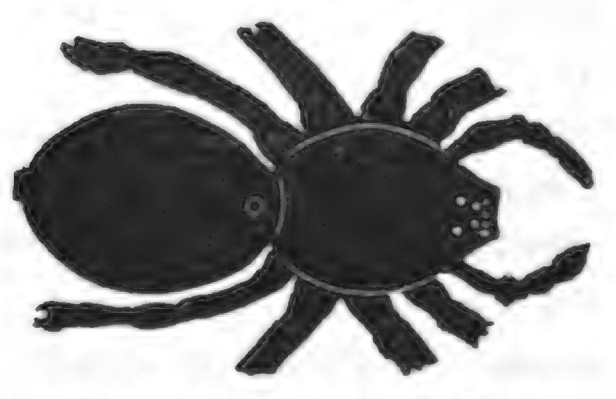
Planaria mit Mund, verästeltem Darm und zahlreichen Augen a.

Fig. 443.



Facettirte Insekten-Augen von vorn und im Längsschnitt; d Seh-Nerv und seine Verzweigungen; A C Netzhaut; a b einfallende Lichtstrahlen.

Fig. 444.

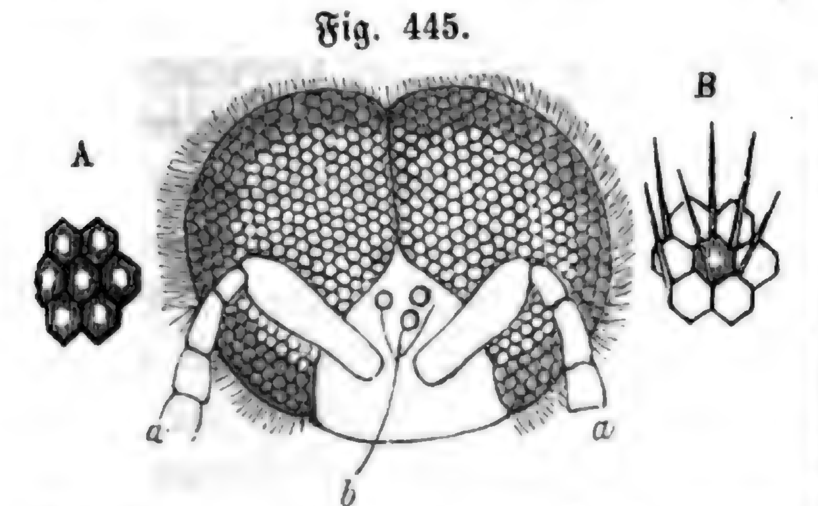


Spinne mit 8 einfachen Augen.

Linse entspricht und einen besonderen Nerven-Zweig aus dem gemeinsamen Seh-Nerven erhält (Fig. 443), deren äußere Haut selbst aber entweder platt oder ebenfalls getäfelt (facettirt) sein kann. Solche zusammengesetzte Augen sind nur eins oder gewöhnlich zwei bei den Krustern vorhanden, meist mit vierseitigen Facetten versehen, sitzend oder auf beweglichen Stielen getragen; dieß Letzte insbesondere ge-

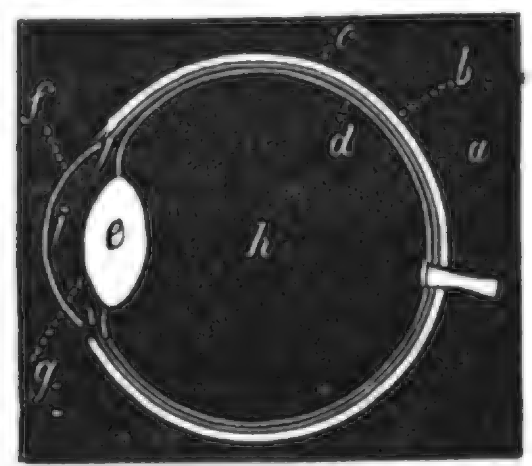
wöhnlich da, wo der Kopf mit dem Thorax unbeweglich verwachsen ist. Die Arachnoideen (Fig. 444) besitzen 0, 2, 6—12 einfache und meistens von einander getrennte, übrigens ähnlich gebildete Augen auf dem Kopfe und selten zum Theil auf dem Brustschilde; die Myriopoden haben 0, 4, 8, 50—100 Augen am Kopfe, welche dann um so näher zusammenrücken je zahlreicher sie werden, so daß sie aus einfachen in „zusammengehäufte" und diese in zusammengesetzte oder facettirte übergehen. Die Sechsfüßer (Fig. 445) endlich haben (einige unterirdisch lebende blinde ausgenommen) immer zwei auch äußerlich facettirte Augen an den Seiten des Kopfes mit sechsseitigen Facetten, und 3, 2, 1, 0 einfache Punkt-Augen mitten auf der Stirne. — Die Wirbel-Thiere sind fast alle mit 2 wohlausgebildeten Augen am Kopfe versehen; nur bei einigen beständig unter Steinen sich aufhaltenden Echsen und Schlangen oder beständig im Boden wühlenden Säugethieren (Maulwürfen und Maulwurfs-Mäusen) erscheinen sie auf mattschwarze blöde und von der Haut überzogene Punkte reduzirt. Sonst sind sie (Fig. 446) regelmäßig zu-

Fig. 445.



Kopf der Biene, von vorn, mit dem Grunde der Fühler a a, zwei mächtigen facettirten und drei einfachen (b) Augen. Bei A und B einige Facetten, zum Theil mit behaarten Rändern.

Fig. 446.

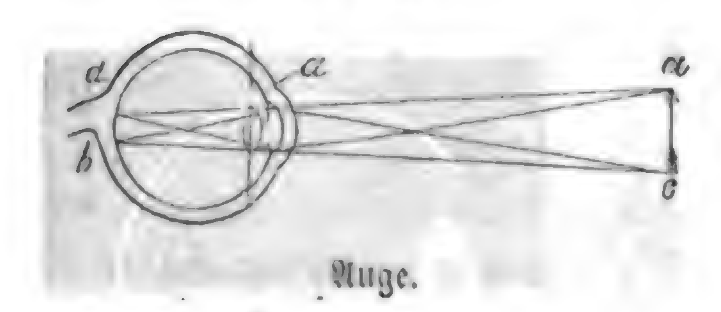


Längs-Durchschnitt eines Säugethier-Auges.

sammengesetzt aus einer Kugel-förmig hohlen weißen (Sclerotica b), vorn aber noch stärker gewölbten hornartig durchsichtigen Haut (Cornea f), durch welche letzte allein die Lichtstrahlen eindringen können. Auf der Sclerotica liegt innen eine Gefäßhaut (Choroidea c), die aber hinter der Hornhaut als Ciliarkörper sich ablöst und von vorn noch mit der Regenbogenhaut oder Iris belegt, queer durch die hohle Augen-Kugel tritt und sie in 2 ungleiche Kammern theilt, zwischen welchen nur in der Mitte eine Öffnung, Pupille, bleibt. Im Hintergrunde des Auges tritt der Seh-Nerv a durch die

zwei genannten Häute herein und verbreitet seine zahlreichen feinen Verzweigungen Netz-artig als dritte Haut, Netzhaut, Retina d, über die Choroidea aus. Die vordere Augen-Kammer wird durch die wässerige Flüssigkeit l, die hintere durch die Glasflüssigkeit h ausgefüllt und beide durch die unmittelbar hinter der Pupille schwebende durchsichtige Linse e von einander geschieden. Die durch die Hornhaut einfallenden Lichtstrahlen können nun nicht anders auf den Hintergrund der inneren Wand des Auges gelangen, um sich auf der für die Licht-Eindrücke empfänglichen Netzhaut abzuspiegeln, als indem sie durch wässerige Flüssigkeit, Linsen-Körper und Glasflüssigkeit hindurch gehen, und je nach dem Winkel, unter welchem sie auf die Oberfläche einer jeden derselben einfallen, und je nach dem verschiedenen Brechungs-Vermögen dieser drei Flüssigkeiten gebrochen so auf den Hintergrund geleitet werden, daß sie den vor dem Auge stehenden Gegenstand a c in verkleinertem und verkehrtem Bilde b d daselbst darstellen (Fig. 447). Das vollendete Auge kann für verschiedene Entfernungen seine Achse verlängern und verkürzen, auch seine Pupille verengen und erweitern, um mehr oder weniger Lichtstrahlen einzulassen; es wird durch Muskeln nach verschiedenen Richtungen gedreht. Bei den Fischen, Schlangen und einigen Echsen jedoch liegen die Augen noch bewegungslos unter der Haut; bei allen anderen Wirbelthieren bewegen sie sich und werden theils gegen Beschädigung oder zu grelles Licht geschützt und theils fortwährend befeuchtet durch zwei und bei den Vögeln selbst durch drei Augenlider, die sich wiederholt über sie bewegen, um die von den Thränen-Drüsen abgesonderte Flüssigkeit über sie auszubreiten. Und mit diesen allmählich so manchfaltig gewordenen Funktionen, mit diesen vielartigen seinen Gebrauch den verschiedenen Bestimmungen anpassenden Bestandtheilen hat auch dieses vollkommenste aller Sinnes-Organe, das am Anfange seines Werdens nur ein unbeweglicher farbiger Punkt gewesen, seine höchste Entwickelung erreicht.

Fig 447.



Auge.

Von ähnlichen unscheinbaren Anfängen haben wir bis jetzt alle die manchfaltigen Funktionen und Organe des höheren Thier-Körpers ausgehen sehen. Ihre allmähliche Umgestaltung und Vervollkommnung wurde durch eine fortwährende Differenzirung der Verrichtungen,

durch eine Übertragung immer manchfaltigerer Verrichtungen an manchfaltigere Bestandtheile derselben Organe, durch die Theilung der einzelnen Arbeiten unter eine immer größere Anzahl verschiedener Arbeiter bewirkt. Wohl mag bei dieser Vervollkommnung, wie wir sie bisher geschildert, mitunter auch eines der anderen Gesetze thätig gewesen sein, mit welchen wir uns noch zu beschäftigen haben werden. Nicht immer gestattete der Zusammenhang unserer Darstellung alle fremden Wirkungen gänzlich auszuschließen; wir werden aber nicht versäumen auf alles dasjenige zurückzukommen, was unter andere Gesichtspunkte zu ordnen gewesen wäre.

B. Reduzirung der Zahl gleichnamiger (homonymer) Organe.

Wir haben den Satz aufgestellt, daß die Natur die Anzahl gleichnamiger Organe bei höher organisirten Pflanzen und Thieren mehr und mehr vermindere, während die größten Zahlen gerade bei den unvollkommensten Wesen vorkommen. Dieses Gesetz, obwohl nach dem der Differenzirung am weitesten verbreitet, am vielfältigsten eingreifend und im Thier-Reiche überall unverkennbar nachzuweisen, ist den Naturforschern bisher gänzlich entgangen. Einmal im Thier-Reiche anerkannt, wird es sich auch im Pflanzen-Reiche nicht mehr abweisen lassen, wo es wohl am meisten Befremden erregen dürfte, zumal sich die Botaniker seit Decandolle ziemlich allgemein gewöhnt haben, die polypetalen Pflanzen mit vielen Staubgefäßen über die monopetalen mit wenigen zu stellen. Dieß wird uns veranlassen, von unserer bisherigen Ordnung abweichend zuerst von den Thieren zu handeln, um die gewonnenen Resultate sofort als Analogie'n bei den Pflanzen geltend zu machen. Indessen ist es allerdings nöthig, jenen Satz zuerst noch etwas näher zu erläutern, ehe wir ins Einzelne eingehen.

Man hat Homologie genannt die vollkommene Übereinstimmung der Theile verschiedener Pflanzen oder Thiere in ihrer relativen ursprünglichen Lage anderen Theilen gegenüber, ohne alle Rücksicht auf ihre Form: eine Übereinstimmung, die sich, bei sehr verschiedener Form und Funktion der Theile in reifem Zustande der Organismen, oft nur allein im Embryo-Stand erkennen läßt, weil in der Regel auch das

Ansehen der so übereinstimmenden Theile in verschiedenen Wesen noch nicht so verschieden ist als später. So sind die Vorderbeine aller Wirbelthiere homolog, mögen es nun Flossen, Flügel, Grab-Apparate, Gehfüße oder Arme mit Händen sein (S. 127). Wir haben früher (1850) Theile eines und desselben Thieres homonom (gleichgesetzlich) genannt, welche von einerlei Art oder nach einerlei Gesetz oder Plan gebildet sind, müssen aber jetzt der Deutlichkeit wegen noch genauer unterscheiden. Wir nennen homotypische solche Organe, welche nach der Grund-Form des Typus oder System-Kreises, wozu sie gehören, eine ganz identische Stelle im Individuum einnehmen und daher auch ihrer Zahl nach fest bestimmt sind. Sie werden daher in ihrer Lage in Bezug zur Haupt-Achse des Organismus so weit übereinstimmen, daß sie den 2 Polen einer beliebigen Queer-Achse oder zweier gleichen Radien desselben entsprechen, — indem sie zugleich einem Paare und bei Strahlenthieren einem regelmäßigen Kreise oder Cyclus angehören, daher sie allerdings oft nach Rechts und Links noch etwas von einander abweichen können. Dann wird es also bei jedem höheren Thiere nur zwei homotypische Beine, Finger, Rippen, Zähne, und bei den Strahlenthieren nur je 4, 5, 6 homotypische Strahlen, Arme, Fühlergänge, Strahlenleisten und dgl. geben können. Wir wählen dagegen den Ausdruck homonym, gleichnamig, für solche Form-Bestandtheile eines und des nämlichen Thieres oder Vegetabils, die, auch im gewöhnlichen Leben unter einerlei Namen zusammenbegriffen und nach einerlei Plane gebildet, doch immer insoferne in der Lage von einander abweichen, als sie an einer Haupt- oder Strahlen-Achse hinter oder in dem Pole einer Queer-Achse neben einander liegen. Zu ersten gehören alle Ringel eines Kerbthieres, alle successiven Fuß-, Zahn- und Rippen-Paare eines Thieres; die successiven Paare oder alternirenden Individuen von Gliedern, Fieder-Ästen, Pedicellen und Ranken am Arme eines Krinoiden, oder Täfelchen, Stachelwarzen und Stäbchen eines Ambulacral- oder Interambulacral-Feldes am Körper eines Echinoiden; zu den letzten alle Finger und Zehen einer Hand und eines Fußes; dahin auch die successiv verschiedenen Zyklen von Strahlenleisten in einem Korallen-Becher u. s. w. Zu ihnen gehören ferner die Strahlen-Paare der Echinodermen, wenn diese nicht mehr ganz regelmäßig, sondern langgezogen, mit exzentrischem Munde versehen oder gar prostrat (Holothurien) sind. Da aber bei diesen Thieren sich manche gleichgesetzliche Theile in großer Zahl hinter- und neben-

einander ordnen, so ist die Frage über Homonymie und Homotypie nicht immer so einfach zu entscheiden. Die homotype Grundzahl, die Grundzahl gleichgesetzlicher Organe ist also bei den Strahlen-Thieren 6, 5, 4 (3? statt 6*), bei den höheren Thieren 2. Für die homonymen Organe aber gibt es keine andere Grundzahl, als das Paar oder die Einheit, wenn diese auch bei manchen Organen (Wirbel) thatsächlich nie erreicht wird. Die Paare wie die Einheiten können sich oft bis zum Extreme vermehren.

Die Grundzahlen homotyper Theile beruhen in den verschiedenartigen Grund-Planen oder Typen des Pflanzen- oder des Thier-Reiches; ihre relative Größe ist durch die Art, aber nicht nothwendig durch die Höhe des jedesmaligen Grund-Planes bedingt; daher die höheren Dikotyledonen-Pflanzen 2 und die niedrigeren 1 Kotyledonen, aber jene meist 4—5, diese 3 homotype Blumen-Theile, — die höheren Thiere 2, die niederen 4—5 homotype Theile besitzen, und es anderen Untersuchungen vorbehalten bleiben muß, zu bestimmen, ob zwischen den Organisations-Höhen von 3-, 4-—5strahligen Strahlen-Thieren und Blumen noch eine Abstufung zu ermitteln sei. Die Reduzirung der Fünf- oder Vier-Zahl homotyper Theile bei den Strahlen-Thieren auf die Zwei-Zahl bei den höheren Thieren beruhet auf deren Mobilisirung, wie sich schon bei den regelmäßig und unregelmäßig fünf-strahligen Echinoiden ergibt, nicht aber auf dem Reduktions-Gesetze, das wir hier für die homonymen Theile aufstellen. Ihre Richtungen (Zahlen-Abnahme) fallen zwar in dessen Folge zusammen; daß Dieß aber nur mehr zufällig sei, beweisen die schon erwähnten Zahlen der Kotyledonen (1:2) und der Blumen-Theile (3:5) bei den mono- und di-kotyledonischen Gewächsen, bei welchen überhaupt, ihrer strobiloiden Bildung wegen, ein so reiner Gegensatz wie bei den Thieren zwischen Homotypie und Homonymie nicht existiren kann.

a) Bei Thieren.

Da jeder Kreis des Thier-Reiches nach einem anderen Typus gebaut ist, so können nicht nur die Grund-Zahlen homotyper Organe

---

*) Ob bei manchen Polypen die Zahl 3 oder 6 als Grundzahl anzunehmen, wird davon abhängen, ob ihre 6 Stern-Lamellen unter einander ganz gleich oder wechselweise kleiner sind, was bei der ohnehin geringen Entwickelung und oftmaligen Unvollkommenheit derselben schwierig zu ermitteln ist.

bei verschiedenen Kreisen verschieden sein, sondern auch die Zahlen homonymer Theile sind in verschiedenen solchen Typen mehr und weniger von einander unabhängig, und die allmähliche Reduktion einer Art von Organen auf irgend eine Minimums-Zahl in einem tiefer stehenden Kreise erheischt nicht nothwendig (wie Dieß ja auch bei der Differenzirung der Organe nicht der Fall gewesen), daß der nächst-höher stehende Kreis von demselben Zahlen-Niveau an die Reduktion fortsetzen müsse, auf welchem der vorhergehende sie beendigt hatte; ja es können gänzliche Unterbrechungen eintreten, wenn z. B. bei einem Kreise oder einer Klasse keine Gliederung des Körpers vorhanden ist. Denn während die Zählung der homotypen Theile, deren Zahl mit der Symmetrie oder dem Grund-Plane des Gesammt-Körpers in innigster Verbindung steht, bei harten und weichen, bei gegliederten und ungegliederten Thieren möglich ist, kann die Zählung der homonymen Theile nur bei bestimmt und deutlich gegliedertem Körper mit äußerem oder innerem Skelette stattfinden, mithin nur bei ?Polythalamien, Echinodermen, Kerbthieren (ausschließlich vieler Würmer) und Wirbelthieren; nur unvollkommen in Bezug auf die meisten Amorphozoen, Polypen, Medusen, und fast gar nicht bei den Malakozoen.

Bei den Aktinozoen geht die Reduktion rascher, bei den hemisphenoiden Thieren langsamer voran, z. B. nach den Schematen

bei Aktinozoen . . . $= 8\times5,\ 6\times5,\ 4\times5,\ 2\times5,\ 1\times5$
bei Hemisphenozoen $= 8\times2,\ 7\times2,\ 6\times2,\ 5\times2,\ 4\times2$
oder gar . $= 8\times1,\ 7\times1,\ 6\times1,\ 5\times1,\ 4\times1$

Jeder Strahl der ersten verhält sich wie ein ganzes Hemisphenoid der letzten.

a) Ernährungs-Organe.

Wir wenden uns nun zu den einzelnen Gruppen des Systemes und suchen auch hier ein Programm des Entwickelungs-Ganges vorauszusenden. Es zeigt uns folgende Stufen-Reihe: Verbreitung der Funktionen über die ganze Oberfläche des Körpers ohne Organe; viele kleine und unvollkommene (und nicht differenzirte) homonyme Organe; Verminderung ihrer Anzahl, seien es nun entliehene oder eigenthümliche, oft bis auf die homotype Grundzahl, bei fortschreitender Differenzirung derselben, vorbehaltlich der vorhin angedeuteten Unterbrechungen. Dieß Alles natürlich wieder modifizirt nach dem Grund-Typus jedes einzelnen Kreises des Systemes, noch mehr

durch die nöthigen Anpassungen an die äußeren Existenz-Bedingungen und unter der Voraussetzung, daß die einzelnen Organe überall ihrer Natur nach zu einer ursprünglichen Steigerung ihrer Grundzahlen geeignet seien, was z. B. bei den subzentralen und konzentrisch wirkenden Kinnladen der Seeigel nicht der Fall ist (S. 262, Fig. 127). Es muß daher in der Regel gänzlicher Mangel eines Organes mit zahlreichen Homonymen derselben Organen-Art unmittelbar zusammengrenzen, nicht aber jener Mangel erst durch eine kleinere Zahl in die größere übergehen. Wo Dieß, wie es allerdings ausnahmsweise vorkommt, dennoch geschieht, da wird man das Organ in kleiner Zahl meistens auch in verkümmerter Form, nie aber wohlentwickelt finden wie da, wo die Zahl in Folge fortschreitender Reduktion erst allmählich gering geworden ist. Der Mund, der ganze Nahrungs-Kanal, der After sind als Achsen-Gebilde nothwendig überall einzählig, demungeachtet ist die Verdauungs-Höhle oder der Nahrungs-Kanal bei einem Theile der Strahlen-Thiere (Quallen, Asterien), wie wir es früher schon angedeutet haben, dem Grund-Typus entsprechend, vier- oder fünf-strahlig; nur anfangs (bei den Polypen, wo die Leibes-Höhle in alle Arme fortsetzt) und bei einigen Quallen mehrfach 4—5zählig verästelt; — bei den Dendrocölen, Turbellarien (Planarien) und trematoden Eingeweide-Würmern, wo er in Gefäße übergeht, ist er gabelig verzweigt. Auch bei den Pyknogoniden ist er mit vierpaarigen Lappen bis in die Beine, bei den Spinnen mit zweipaarigen bis an deren Grund fortgesetzt (S. 198). Bei der Mehrzahl der Weichthiere dagegen, bei vielen Arachnoideen, bei den Krustern, Luft-Insekten und Wirbelthieren zeigt er in der Regel keine homonyme Gliederung mehr, und wo er, wie bei den Wiederkäuern, ausnahmsweise noch eine solche zu zeigen scheint, da hängt Dieß mit der Nahrungs-Art als äußere Bedingniß und nicht mit der Organisations-Höhe zusammen, und sind die einzelnen gleichnamigen Glieder (3—4 Magen) jedenfalls zu ganz verschiedenen Verrichtungen bestimmt (S. 203, Fig. 129).

Von den in den Nahrungs-Kanal einmündenden Drüsen wären zuerst die Speichel-Drüsen zu erwähnen, die indessen nur auf die höheren Klassen des Systemes (Kopf-Mollusken, Luft-Insekten, Wirbel-Thiere) beschränkt sind, und deren Entwickelung zu sehr von eigenthümlichen Bedürfnissen abhängig ist, um uns ein gleichartiges Fortschreiten der Reduktion zu zeigen. — Dann sind die Leber-Drüsen anzuführen. Bei den Polypen, wo sie zuerst auftreten,

sind es Zellen oder Kanälchen, die einen zusammenhängenden Überzug bilden oder ganz isolirt von einander rings von der Wand her unten in die Verdauungs-Höhle sich ansetzen. Den übrigen Aktinozoen scheint eine Leber ganz zu fehlen. Bei den Tunikaten ist sie unsicher. Bei den Palliobranchiern und Lamellibranchiern füllt die große lappige Leber einen großen Theil der Leibes-Höhle aus und hüllt Magen und Darm, in welche sie mündet, fast ganz ein. Bei den Pteropoden zeigt sich dieselbe bald in ähnlicher Form, bald in Gestalt zahlreicher ästiger Blinddärmchen um den Magen. Bei den sogenannten phlebenteraten Gastropoden (Gymnobranchiern) bilden die Leber-Drüsen (S. 204, Fig. 130) Seiten-Äste des Darmes, welche sich oft bis in die auf dem Rücken stehenden Kiemen fortsetzen; bei den übrigen Gastropoden sind sie wieder wie bei den früheren Klassen beschaffen. In allen diesen Thier-Klassen pflegt die Leber zahlreiche oder doch mehrfache Ausführungs-Gänge in den Nahrungs-Kanal zu haben. Erst bei einem Theile der Cephalopoden wird sie einfach und massiger von Gestalt, und bei allen besitzt sie nur eine Ausmündung. — Unter den Kerbthieren zeigt sich die Leber nicht bei den Eingeweide- sondern erst bei den höheren Würmern, insbesondere den Annulaten, wenn nämlich zahlreiche einzellige Drüsen in der Darm-Wand als solche gedeutet werden dürfen. Bei den Krustern ist sie noch sehr voluminös und mehrtheilig (S. 201, Fig. 126). Bei den Luft-Insekten aber erscheinen zahlreiche (2, 6—100) und oft ästige Kanälchen, welche ebenfalls eine mehrfache Einmündung in den Darm besitzen und bald für Gallen-, bald für Harn-, bald für beiden gemeinsam dienende Drüsen gehalten werden (S. 202, Fig. 127), während die massige Leber wie (da wo sie vorkommt) die einfache Harnblase der Wirbel-Thiere auch nur eine einfache Ausmündung besitzen.

Was den Blut-Kreislauf betrifft, so wird zuerst der durch die Darm-Wände aufgesogene Chylus bei niederen Thieren überall in deren Umgebung unter das Blut gemengt, bei den Wirbel-Thieren aber nur durch den Milch-Brustgang mit dem venösen Blute vereinigt, um beide gemengt der Athmung auszusetzen. Wir können bei jenen ersten allerdings nicht von mehrfältigen getrennten Kreislauf-Systemen sprechen, obwohl bei den Blutegeln vier ästige Längs-Gefäße oben und unten, rechts und links vorkommen, wovon die 3 oberen pulsiren, das untere nicht, und welche nur theilweise und durch schwächere Äste mit einander in Verbindung stehen. Aber

schon vorher, bei den Mollusken, wo sich zuerst das Herz von den Gefäßen durch Differenzirung unterscheidet, sehen wir ein mehrzähliges Herz, welches bei den Kerb- und Wirbel-Thieren nur einzählig, wenn auch mehrkammerig vorkommt. Bei den Palliobranchiaten nämlich, deren Körper und Schaale ungleichklappig, aber gleichseitig sind, liegen zwei oder gar vier gleiche und unter sich verbundene Aorten-Herzen vorn und hinten im Körper oder in beiden Mantel-Lappen vertheilt und Gefäße mit geschlossenen Wänden aussendend. Eben so haben die Cephalopoden ein großes Körper-Herz mit zwei Vorkammern und zwei ganz getrennte Kiemen-Herzen (S. 209). Auch wäre noch anzuführen, daß bei den Fischen der Arterien-Stiel, durch welchen das Herz das Blut in die Kiemen treibt, mit 12 bis 45 Klappen versehen ist, um den Rücktritt desselben ins Herz zu verhindern, während bei der Teleosti 2 Klappen Dasselbe leisten. Allerdings ist auch bei den Cyclostomen die Anzahl der Klappen auf 2 zurückgeführt; aber hier ist Verkümmerung, der Arterien-Stiel ist nur häutig statt muskulös, und die Bewegungen dieser Thiere sind ohne Energie.

Was die Athmung anbelangt, so sehen wir sie zuerst durch die äußere Oberfläche unter Mitwirkung der Flimmerhaare, dann durch die innere Fläche, durch Wasser-Behälter u. dergl. vermittelt. Die ersten Athmungs-Organe aber treten nicht früher als bei den Echinodermen auf. Zehn (2×5) Büschel-förmige oder lappig-getheilte Organe, welche den Mund umstehen, werden bald für Fühler und bald für Kiemen gehalten. Mit größerer Bestimmtheit erklärt dagegen J. Müller die in Läppchen getheilten Blättchen für Kiemen, die sich auf der ganzen Rückenfläche und mitunter Bauchfläche der Asterien aus zahllosen zerstreuten Poren und aus 2 Reihen von Poren der dorsalen fünfblättrigen Ambulakren ohne Wasser-Gefäße bei den Clypeastroiden und Spatangiden erheben, und vielleicht gilt Dasselbe auch von den übrigen Echinoideen, wo dieser Stern sich von den ventralen Fühlergängen absondert? Auch bei den Holothurien scheint es sehr zweifelhaft, ob wenigstens die 10—12 ästigen den Mund umstehenden Strahlen-Büschel, wenn sie keine Saugscheibchen besitzen und also nicht zur Lokomotion dienen, nicht noch zur Respiration mitwirken. Wo nicht, so ließe sich nur ein einzähliges, zweischenkeliges, vieltheiliges und in zahllose End-Zipfelchen auslaufendes Organ im Innern des Leibes, das sich vom After her mit Wasser füllt und bloß bei einem Theile der Holothurien vor-

kommt (Psoliden u. e. a.) als Kiemen? deuten. Bei den Weichthieren sehen wir zwar anfangs, bei Tunikaten und Palliobranchiern, die Kiemen noch mit der inneren Mantel-Wand verwachsen, dann aber frei, bei den Lamellibranchiern jederseits in Form von zwei Blättern. Bei den Wasser-bewohnenden Gastropoden treffen wir zuerst auf die Gymnobranchier, welche, von einigen ganz Kiemen-losen Sippen abgesehen, meistens zahlreiche ästige Kiemen auf dem ganzen Rücken oder einem Theile desselben tragen; dann auch die mancherlei Familien mit Napf-förmiger und unvollkommener Schaale (Hypobranchia, Cyclobranchia, Cirrobranchia), deren zahlreichen aber kleinen Kiemen Blätter-förmig rings oder einseitig unter dem Mantel-Rande getrennt hintereinander stehen (S. 228, Fig. 171 u. a.) oder in Quasten-Form hinter dem Kopfe zusammengerückt sind. Erst bei den ctenobranchen Gastropoden reduzirt sich die Zahl der Kiemen auf eine oder zwei, freilich zusammengesetztere, jene von doppelter oder einfacher Kiemen-Form, diese stets viel kleiner. Noch größer sind, ihrer energischen Thätigkeit entsprechend, die Kiemen der Cephalopoden; wir sehen sie wieder mit vier beginnen und sich auf zwei reduziren. — Bei den Würmern fehlen die Kiemen anfangs gänzlich, erscheinen aber bei den Chätopoden am Kopfe oder am vorderen oder mittlen Theile, oder in dessen ganzer Länge auf der oberen Seite der Fuß-Höcker in Form von Blasen, Fäden, Blättern, Büscheln, immer aber in großer Anzahl (S. 231, 232). — Mit Ausnahme der unvollkommensten Familien, wo die Kiemen entweder ganz fehlen oder wie bei den Rotatorien ins Innere zurückgezogen und beengt erscheinen, verhalten sich die Kruster den vorigen ähnlich, was Form und Zahl der Kiemen betrifft; da sie mit den Wurzeln einer Anzahl Beine zusammenhängen, so sind sie immer in 3, 4, 5—6 (S. 213) und mehr (bei Apus in sehr zahlreichen) Paaren vorhanden, an sich oft einfacher (mitunter nur Blasen-förmig) bei den tiefer stehenden Gruppen; bei den Dekapoden sehr komplizirt, Blatt-, Kamm- und Faden-förmig zugleich, die Kiemen-Paare bei den Makruren und einigen unvollkommneren Brachyuren (Dromia) in größerer, bei den höheren Brachyuren aber auf 9 zurückgehender Anzahl (wogegen sie freilich auch bei manchen Entomostraca in kleinerer Anzahl vorkommen). — Zum letzten Male erscheinen die Kiemen bei den Fischen und dipnoen Reptilien. Wir haben schon oben gesehen, daß beim Amphioxus oder Branchiostoma die Kiemenstäbchen jederseits über 50fältig sind (S. 235); daß unter den übrigen Knorpel-Fischen die Cyclostomen jederseits 7 (Heptatrema 6—7),

die Plagiostomen 5 Löcher zwischen den zahlreichen Kiemen-Bögen haben, während die Knochenfische jederseits nur ein gemeinsames Kiemenloch für 2—4 Kiemen-Bögen besitzen, welche je 2 (der hintere mitunter nur 1) Reihen Kiemen-Blättchen tragen. — Die Batrachier dagegen pflegen 3 Paar Kiemen zu haben (S. 236, Fig. 188 a). — Hier ist also fortwährende Verminderung der Zahl von einander getrennter Kiemen, wie wir es auch bei den Gastropoden und bei den Cephalopoden gefunden hatten. Die Reduktion ist in diesem Falle um so überraschender und vielleicht mit aus diesem Grunde bei den Krustern nicht zur Erscheinung gekommen, weil die zunehmende Energie der Lebens-Thätigkeit bei höheren und vollkommneren Wesen überall eine lebhaftere Respiration und Vermehrung der respirirenden Organe erheischt, wenn nicht das Quantum der Respiration auf andere Weise (Vergrößerung und größere Komplizirung der einzelnen Kiemen, oder intensiv verbesserte Einrichtungen) erhöhet werden kann. — Die unmittelbare Luft-Respiration beginnt bei den trägen Lungen-Schnecken, wo eine bloße Höhle unter dem Mantel mit Gefäß-reichen Wandungen versehen, ohne anderweitiges selbstständiges Organ die Athmung vermittelt. Es ist — in einem Kreise, welcher sonst ganz auf Kiemen-Respiration angewiesen ist — der nur leicht modifizirte Typus der Athmungs-Einrichtung der Kamm-Kiemener. Anders dagegen bei den deutlich homonymisch gegliederten Luft-Insekten, einer Gruppe, welche die Hälfte aller Arten des ganzen Thier-Reiches umfaßt. Hier bildet sich ein eigener Typus aus, indem zu beiden Seiten des Körpers Luftlöcher oder Stigmata den Eintritt der Luft durch eine Haut mit verschließbarem Spalt oder einem mehr im Innern gelegenen Schließ-Apparat regeln und ästige Tracheen, oft in birnförmige Bläschen endigend, solche durch den ganzen Körper leiten (S. 240, Fig. 195), welcher mithin ganz als Lunge betrachtet werden kann, aus welcher die Athmungs-Bewegung jedoch die Luft austreibt, nicht (wie bei den Wirbel-Thieren) eintreten macht. Bei den Myriopoden stehen die Luftlöcher beiderseits längs der ganzen Erstreckung des Körpers, so daß bei den Juliden jeder Leibes-Ringel sein Paar Stigmata besitzt, von welchen sich die ästigen Tracheen in reicher Menge zu den verschiedenen Theilen des Ringels begeben, während sich bei den Scolopendriden nur etwa an jedem zweiten der 15 bis 20 Ringel ein Stigmaten-Paar zeigt, von welchem je eine geringere Anzahl weiterer Luft-Kanäle in den Körper geht. Diese Luftlöcher und Kanäle

verschiedener Ringel sind mehr und weniger selbstständig von einander abgeschlossen. — Auch bei den Hexapoden stehen die Stigmata an beiden Seiten des Körpers, beschränken sich jedoch mehr und mehr nur auf einen Theil seiner Ringel, sei es an der Brust, wo von den 3 Ringeln meist nur der mittle damit versehen, oder am Abdomen, wo von 9 Ringeln nur die hinteren unvollkommnen regelmäßig ohne Stigmata sind. Bei den Orthopteren kommt daher die Zahl der Stigmaten-Paare fast derjenigen der Körper-Ringel gleich, indem sie 10 beträgt, während sie bei den Dipteren 6 nicht zu übersteigen pflegt, was beweiset, daß die Luft-Kanäle im Innern mehr Zusammenhang unter sich besitzen und nicht auf die einzelnen Ringel beschränkt sind, wie das schon bei den Sechsfüßern überhaupt, den Tausendfüßern gegenüber, weit mehr der Fall ist. Bei diesen könnte man daher von 10—30 verschiedenen Respirations-Systemen mit 20 bis 60 Luftlöchern, bei jenen nur von einem Respirations-Systeme mit 12—20 Luft-Öffnungen sprechen. Erkennt man die Reduktion der Zahlen gleichnamiger Organe als Klassifikations-Merkmal an, so hätte man nach der Stigmaten-Zahl (sofern andere gewichtigere Kennzeichen nicht im Wege stehen) die Kerbthiere in diese Reihe zu ordnen: 1. Myriopoden (a Juliden, b Scolopendriden); 2. Hexapoden (a Orthopteren, b Dipteren ꝛc.) und 3. Spinnen; denn wir werden sehen, daß bei diesen die Zahl im Ganzen noch weiter zurückgeht, aber freilich in einer dem bisherigen Gange im Einzelnen widersprechenden Weise. Die Arachnoideen haben ihre Stigmata und damit zusammenhängenden und unter sich getrennten Tracheen-Säcke oder -Stämme immer nur an einem Theile der Bauch- oder Brust-Ringel allein. Die Skorpionen besitzen dort sogar 8 Lungensäcke, die Phryniden 4 dergleichen, die ächten Spinnen 4 — 2, wovon die 2 hinteren Tracheen auszusenden pflegen; die Tracheen-Spinnen haben nur 2 Luftlöcher mit ästigen Tracheen, also eine ausnahmsweise Abnahme der Zahl mit Abnahme der Organisations-Skala, wie man sie gewöhnlich annimmt. Einestheils ist es aber doch auch anerkannt, daß die Skorpioniden mehr als die ächten Spinnen den Myriopoden verwandt sind, was also nicht für die ihnen gewöhnlich zugetheilte höhere Stellung spricht; schon die Verlängerung ihres Abdomen für einen eigenthümlichen Zweck mag eine Vermehrung der Athmungs-Löcher erheischen; wie umgekehrt die Verkürzung des Milben-Leibes nur dann mit einer vermehrten Zahl der Stigmata gesetzlich in Einklang zu bringen wäre, wenn diese aus einer

Menge sehr kleiner einfachster Löcherchen zusammengesetzt wären? Dazu kömmt aber ferner, daß, je größer bei den Skorpionen, Phryniden und Spinnen die Zahl der Stigmata und je kürzer die von ihnen ausgehenden Verzweigungen werden, je mehr sich also die Athmung lokalisirt, desto mehr sich das Blutgefäß-System entwickelt, um diesen Abgang zu kompensiren und sich den Einrichtungen bei höheren Lungenthieren anzuschließen. Hier tritt also ein Konflikt mehrer Beziehungen ein, welcher das Verhalten der Zahlen der Respirations-Organe bei den Kerbthieren zu erklären am besten geeignet scheint. — Bei den Wirbelthieren zeigt sich nur noch ein einziges Athmungs-Organ, die zweilappige Lunge mit einer einfachen Athmungs-Röhre, die sich unten in 2 und dann weiter in zahllose Äste vertheilt, während ihr Mund und Nase von oben Luft zugehen lassen.

Wir wenden uns zur Betrachtung der Zahlen-Verhältnisse der freiwilligem Gebrauche unterworfenen Ernährungs-Organe, nämlich der Mandukations- und Mund-Werkzeuge. Was den Mund selbst betrifft, so ist schon angeführt worden, daß er bisweilen ganz fehle und daß die Rhizopoden und viele Infusorien? Nahrung durch ihre ganze Oberfläche aufnehmen. So ferne nun die meisten Rhizopoden von Kalkschaalen umschlossen sind, die an ihrem vorderen Ende allein oder auch an ihren Seiten mehrfache und oft vielzählige Lücken haben, durch welche diese Thiere ihre Wurzelfüße ausstrecken, um durch sie Nahrung einzunehmen, so könnte man ihnen eben so viele Munde zuschreiben, die freilich noch in keine bleibende Magen-Höhle führen (S. 53, Fig. 29—31). Man hat auch Rhizostoma unter den Quallen noch als ein Beispiel anzuführen, wo die Magen-Höhle sich in Kanäle der acht von der Mitte des Hutes herabhängenden Fang-Arme verzweigt und dann durch viele feine Poren an deren Ende ausmündete. Der mehrzählige sogenannte Mund mancher Eingeweidewürmer beruhet nur auf Saugnäpfen, womit sich das Thier an der Darmhaut seines Ernährers festsaugt, die aber nicht in einen Magen führen. Auch sonst ist überall der Mund nur einfach vorhanden.

Die fünf gleichen Kinnladen, welche bei den Seeigeln die „Laterne des Diogenes" bilden (S. 262, Fig. 227), entsprechen der einfachen Grund-Zahl dieser Echinodermen und sind, da sie konzentrisch wirken, nicht wohl einer Vervielfältigung fähig. Unter den Weichthieren besitzen alle Acephalen nur einen weichen runden Mund

ohne Kinnladen und Zähne; erst bei den Gastropoden bekleidet sich sein oberer Außenrand mit einem hornigen Überzug, gegen welchen sich die gezähnelte Zunge reibt; und nur bei den Cephalopoden bilden sich ein Ober- und Unter-Kiefer oder Schnabel vollständiger aus, dem Schnabel der Vögel ähnlich, doch ohne Gelenk-Verbindung beider Theile desselben. Es ist bemerkenswerth, daß die Natur diesen Typus des Gebisses im ganzen Kreise der Kerbthiere wieder aufgibt und erst bei den Wirbelthieren weiter verfolgt und vervollkommnet. Wenden wir uns nun zu diesen letzten, so finden wir, daß auch die Blutegel, obwohl schon der Reihe der Thiere mit paarigen Organen angehörig, noch längs-gestellte konzentrisch wirkende Kiefer wie die Echiniden besitzen, deren Zahl aber auf drei reduzirt ist. Dagegen haben wir gefunden, daß die mehrfachen Paare von Zähnen an der Ober- und der Unter-Seite des Mund-Randes anderer Ringelwürmer durch ihre individuelle Beweglichkeit und verhältnißmäßig starke Komplizirtheit schon an den Eigenschaften der Kinnladen Theil zu nehmen scheinen. Unter den Krustern, wo die scheerenartig und waagerecht gegen einander wirkenden Kinnladen beginnen, sind bei den Siphonostomen und mehren anderen Entomostraca nur veränderte Rudimente paariger Kiefer vorhanden. Bei den meisten jedoch kommen außer dem Paar Oberkiefer 1, 2, 3—5 Paar Unterkiefer oder Kiefer-Füße vor. Abgesehen davon, daß bei Limulus (S. 233, Fig. 182) unter den Pölicopoden die stacheligen Hanken von 5 Paar Scheerenfüßen als Unterkiefer dienen, finden sich die größten angegebenen Zahlen der Kiefer-Paare allerdings bei den dekapoden Malakostraca (S. 268, Fig. 236), also gegen unsere Regel gerade bei den vollkommensten Krustern. Da sie aber aus Füßen umgebildet worden, so steht ihre Vermehrung immer wenigstens mit einer Verminderung der Fuß-Paare im Zusammenhange, und man muß bei den Krustern daher von der Gesammtzahl beider ausgehen. Aber den Myriopoden, Hexapoden und Arachnoideen gegenüber behauptet doch auch jene Kiefer-Zahl ihr Übergewicht, indem diese letzten sämmtlich nur ein Paar Oberkiefer und ein Paar Unterkiefer besitzen, die sich beide waagerecht gegen einander bewegen. Bei den zwei erstgenannten Abtheilungen entstehen die Unterkiefer nebst der Unterlippe aus umgewandelten Kopf-Füßen (S. 105—107), bei den letzten die Oberkiefer durch Umgestaltung der Fühler. Bei den saugenden Myriopoden, Hexapoden und Spinnen sind alle diese Kiefer und Lippen theils in Saug-Apparate umge-

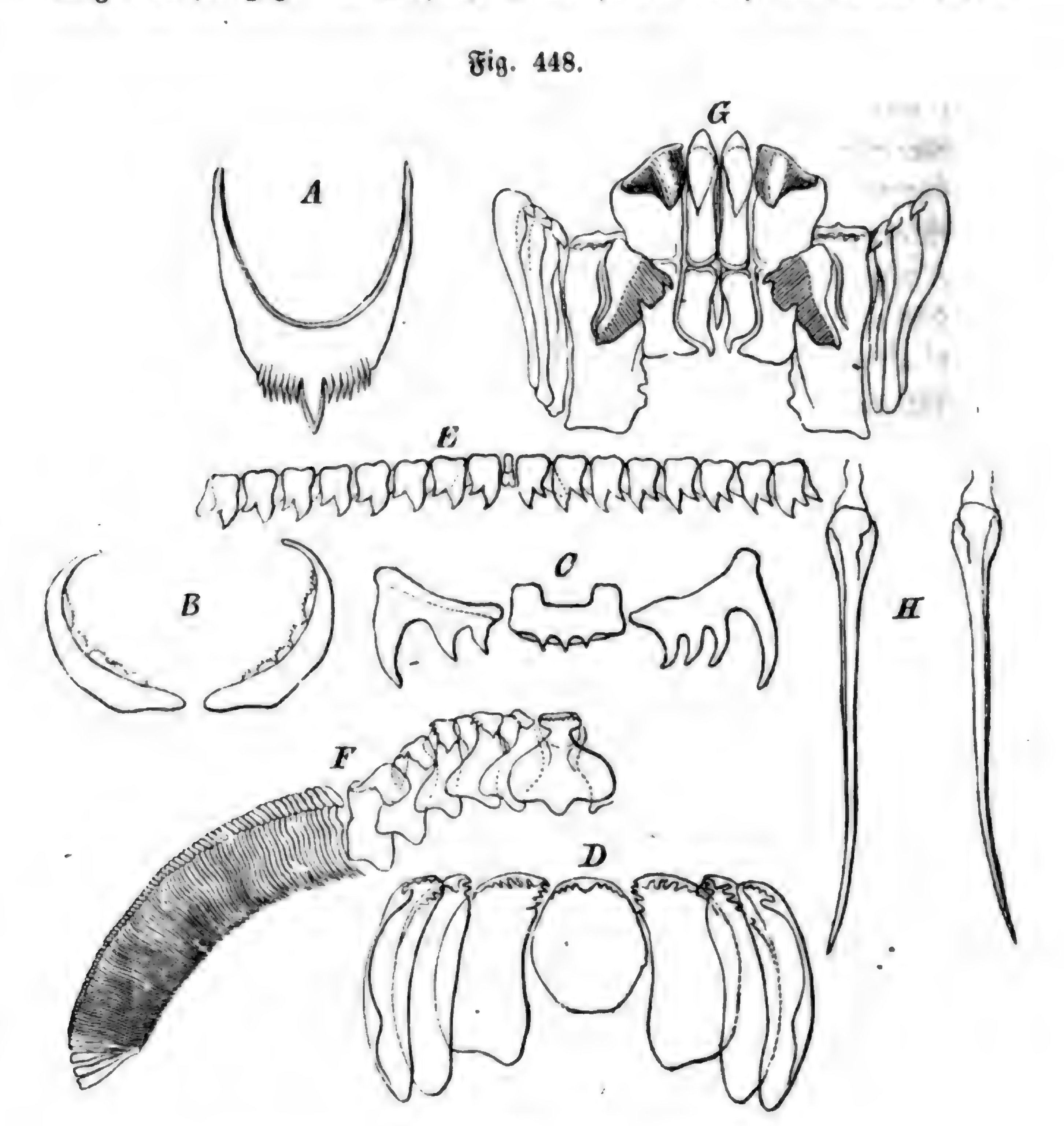
wandelt, theils bis auf Rudimente verkümmert. Mit den Wirbel-Thieren beginnt die geringste, die Zwei-Zahl der Kiefer mit vertikaler Gegeneinanderbewegung, wenn auch jeder Kiefer als aus zwei seitlichen Theilen entstanden zu denken ist. Diese zwei Kiefer sind überdieß insofern mehr als die bisherigen waagerechten und homotypen unter sich differenzirt, als beide aus ganz ungleichen Elementen zusammengesetzt, als der obere ganz oder fast ganz fest und nur der untere gegen ihn beweglich ist. Aber am Anfange der Reihe der Wirbel-Thiere, bei den Knorpel-Fischen, sind freilich diese Kinnladen noch ganz oder theilweise unentwickelt (S. 272).

Zähne können in allen Theilen der Mundhöhle sitzen, welche gegen andere beweglich sind und also ein Reiben, Quetschen und Schneiden zu bewirken vermögen, nämlich auf den Kinnladen, auf der Zunge, im Gaumen, im Schlunde, an den Kiemenbögen, wie selbst im sogenannten Käu-Magen der Kruster und anderer Thiere. Wenn man nicht ein feines Getäfel auf den Mund-Lippen oder die Spitzen der Kinnladen in der Diogenes-Laterne einiger Echinodermen dafür nehmen will, so begegnen wir den ersten Zähnen bei den Kopf-Mollusken, wo sie auf der Zunge stehen, die sich gegen einen harten Beleg des Mund-Randes, die sogenannten Kinnladen (die aber diesen Namen nicht wohl verdienen) reiben. Diese Zungen-Zähne bilden 1—200, meist aber 3, 7, 15, 35 Längs-Reihen und 10—200 und mehr Querreihen, so daß im Ganzen bis 20,000 Zähnchen vorkommen können; eine unpaarige Mittelreihe ist vorhanden oder fehlt; ihre Zähne oder ihre und die Zähne der zunächst liegenden Reihen sind oft abweichend gestaltet, die der seitlichen Reihen meistens mehr hakenförmig; doch oft sind auch in allen Reihen alle Zähne gleich (Fig. 448, S. 422).

Wie es scheint, sind die Zungen mit einer geringeren Anzahl größerer, stärkerer und spitz-zackiger Zähne vorzugsweises Eigenthum räuberischer Zoophagen, während die mit vielen kleinen und stumpfen Zähnchen von gleichartiger Form den triturirenden Phytophagen angehören, so daß die Zahlen nicht genau im umgekehrten Verhältniß mit der Organisations-Höhe der Weichthier-Klassen abnehmen, weil Phytophagen und Zoophagen mit verschiedenen Graden räuberischer Entwickelung insbesondere bei den Gastropoden mehrfach durcheinander stehen. Daher rührt es, daß die Pteropoden 3 und 25, die Gastropoden 1—200, die Cephalopoden 7 Längsreihen von Zähnen bei ebenfalls noch veränderlicher Anzahl der Querreihen besitzen und

nur im Ganzen den höheren Klassen gegenüber gestellt werden dürfen. Unter den Ringelwürmern tragen die Blutegel auf jedem ihrer drei Längs-Kiefer gegen 40 Zähnchen, welche alle noch mit Muskelfasern

Fig. 448.



Schnecken-Zähne.
A ganze Querreihen von Zähnen bei Glaucus (1).
B " " " " " Philine aperta (2).
C " " " " " Tritonium obliquum (3).
D " " " " " Paludina impura (7).
E " " " " " Limnaeus stagnalis (17).
F halbe Querreihen der Zähnchen von Trochus cinerarius.
G Gebiß von Patella pellucida.
H " " " Pleurotoma nivale (2).

verbunden sind, durch die sie bewegt werden können. Die übrigen Würmer haben, wie schon (S. 420) erwähnt, mehrfache etwas Kiefer-

ähnliche Zähne. Was man bei Krustern und Luft-Insekten Zähne (S. 269, Fig. 238) nennt, verdient diesen Namen kaum mehr, als die 1—2 Zähne am Schnabel-Rande mancher Raubvögel, welche ebenfalls den gewöhnlichen Zähnen nicht homolog sind*), da beide nur gelegentliche Einkerbungen der meistens mehr Scheeren-ähnlich wirkenden Kiefer und Kiefer-Füße, selten (bei Pöcilopoden) Dornen-förmige Vorsprünge quetschender Hanken sind, welche bei den saugenden Formen derselben Thier-Klassen ganz wegfallen (S. 271, Fig. 243 bis 245). Jene mehr Scheeren-artige Einrichtung mehrzähliger (2—5) Kiefer-Paare macht die Entwickelung eigentlicher Zähne entbehrlich. — Bei den Wirbel-Thieren und zunächst den Fischen fehlen die Zähne wieder dem Branchiostoma, aber auch den Cyprinoiden gänzlich; bei den übrigen ist deren Zahl sehr veränderlich sowohl bei den Cyclóstomen, wo sie nur zum Verwunden dienen, um das aufzusaugende Blut austreten zu machen, als bei den Plagiostomen und Knochen-Fischen. Bei jenen sind jedoch, mögen ihre meist ansehnlichen Zähne nun zusammengedrückt, spitz und zackig oder stumpf und Pflaster-artig sein, der hintereinander folgenden Queer-Reihen wenigstens im vorderen Theile des Mundes 5—10, der in einer Reihe nebeneinander stehenden Zähne 10—50 im Ober- wie im Unter-Kiefer, so daß ihre Gesammtzahl sich auf 500, 1000—3000 für den ganzen Mund belaufen kann. Unter den Ganoiden wie den ächten Knochen-Fischen haben diejenigen, welche ihre Nahrung quetschen, nur wenige große flache, theils über die ganze innere Mund-Fläche vertheilte und theils auf die Zahn-Ränder der Kinnladen beschränkte, im ersten Falle aber mitunter ziemlich zahlreiche (100—200 und mehr) Zähne. Noch größer ist die Zahl der dabei meistens weniger differenten Bürsten- oder Hechel-Zähne, wie sie in vielerlei Fisch-Familien vorkommen. Die Zahlen erreichen also im Ganzen nicht mehr die Höhe wie bei den Schnecken, sind aber je nach der Nahrung eben so veränderlich in Zahl und Form bei den einzelnen Gruppen (S. 273, Fig. 246-248). Die Reptilien haben mitunter (bei einigen Batrachiern und bei den Schildkröten, deren Kiefer dafür oft mit einem Horn-artigen Schnabel überzogen sind) gar keine Zähne, gewöhnlich aber

---

*) Nur die Zahn-artigen Theile an den Klauen-Kiefern mancher Spinnen haben mehr Analogie bei noch weniger Homologie, da diese Kiefer nur umgewandelte Fühler sind.

eine Zahn-Reihe in beiden Kiefern; doch sind viele Echsen, Schlangen und Batrachier auch mit kleinen Zähnen im Gaumen versehen. Bei den Dipnoen vermehren sich wohl auch die Zahn-Reihen; die fossilen Labyrinthodonten besitzen zwei obere Zahn-Reihen, die äußere normale bis mit 68 Zähnen und die innere auf die Schlund- und Pflugschaar-Beine übergehend mit bis 36 Zähnen von verschiedener Größe. Die Krokodile und manche fossile Monopnoen zählen 30 bis 50 Zähne in jeder Reihe, während bei den Echsen diese Zahl bis auf 10 und weiter herabfällt. Die kleinste Anzahl besitzen die Giftzahn-Schlangen, wo aber diese kleine Zahl am meisten entwickelt und differenzirt ist (S. 259, Fig. 223). Also auch hier ist die Zahl sehr veränderlich, aber im Ganzen wieder kleiner als bei den Fischen. Den Vögeln sind die Zähne durch ihren Horn-artigen oft scharfen Schnabel entbehrlich geworden. So gelangen wir denn zu den Säugethieren, deren tiefsten Gruppen die Eplazentalen, die Cetaceen und die Edentaten bilden. Jene ersten sind auf einer tieferen Stufe Repräsentanten der verschiedenen Gruppen plazentaler Krallen-Thiere von den Edentaten incl. an bis zu den Raubthieren. Die Edentaten beider Hauptabtheilungen sind ganz oder größtentheils zahnlos; oder wo Zähne bei ihnen vorkommen, da sind sie wenige an Zahl, alle gleich an Form und Bildung (meist klein) und einfach von Textur, offenbar in verkümmertem Zustande. Während bei den Plazentalen im Allgemeinen die typische Vollzahl der Backen-Zähne 7 und die der Schneide-Zähne nie über 3 ist, sind bei den Eplazentalen jene oft zu 8—9 und diese bis zu 4—5 jederseits vorhanden. Bei den plazentalen Edentaten sehen wir aber sogleich neben den Zahn-losen Sippen die Zahn-reichste aller Landbewohner, nämlich ein Gürtelthier mit 24—25 indifferenten Zähnen in jeder der 4 Zahn-Reihen. Bei den Cetaceen finden wir wie vorhin Zahn-lose, Zahn-arme und sehr Zahn-reiche Sippen durcheinander, deren Zähne aber im letzten Falle einander alle in Form und Funktion gleich und wenig ausgebildet sind, während bei den Zahn-armen und Zahn-losen im Fötal-Zustande sich gewöhnlich noch einige Zahn-Keime erkennen lassen. So haben die Barten-Wale und der Narwal (außer seinem Stoßzahne) keine, der Physeter und mehre Delphin-Sippen nur wenige verkümmerte, die übrigen Delphine aber 20—50 gleichartige Zähne in jeder Reihe. Bei den meisten übrigen Säugethieren ist die normale Zahn-Formel: 3 Schneide-, 1 Eck- und 7 Backen-Zähne überall, wovon zwar oft der eine oder

der andere selbst bei ganzen Ordnungen verkümmert, wofür aber dann die übrigen stärker, kräftiger, differenter in Form und Funktion werden, um sich ihrem Zwecke mehr anzupassen; nur bei einer Hunde-Art sind 8 Backen-Zähne vorhanden, und bei einigen Insektivoren kommt etwa noch ein weiterer Zahn über die Normal-Zahl zum Vorschein, wodurch sie sich den Eplazentalen verwandt zeigen. Bei den höchsten Ordnungen der Säugethiere dagegen sinkt die Zahl der Schneidezähne auf 2, die der Backen-Zähne auf 6—5 überall herunter, ohne daß verkümmerte Keime fehlender Zähne oder auch Lücken dafür nachweisbar wären (S. 277, Fig. 258, 259). So zeigt sich mithin in den Zähnen von ihrem ersten Auftreten an eine mit der Differenzirung derselben gleichmäßig fortschreitende Verminderung der Zahl, wenn auch mit manchfaltigen Schwankungen in den einzelnen Klassen und Ordnungen, welche von der Anpassung für die Art der Nahrung oder Vertheidigung der Thiere abhängt.

So bleibt uns noch die Betrachtung der Manducations-Werkzeuge übrig, die wir erwarten müssen bei festsitzenden doch nicht parasitischen und bei Raub-Thieren am entwickeltesten zu finden, während die zwischen denselben vertheilten Herbivoren ihrer ganz oder fast ganz entbehren können. Von dem Kreise der Amorphozoen ist es erinnerlich, daß sie keine Greif-Organe haben, daß jedoch die Rhizopoden jeden Theil ihres Körpers dazu verwenden können, während bei den Infusorien die Flimmerhaare die Zuführung der Nahrung mit der Wasserströmung vermitteln. Desto bedeutender sind die Mandukations-Vorrichtungen bei den Aktinozoen, wo zunächst bei wenigstens einem großen Theile der Polypen und Quallen die zahllosen Nessel-Organe mit in Anschlag zu bringen sind, womit ihre äußere Oberfläche bedeckt ist. Außerdem besitzen die Polypen ihre zahlreichen Arme, welche gewöhnlich in mehren Kreisen (zu x×6 oder x×8) den Mund umstehend bis zu diesem herab mit Millionen von Flimmerhaaren besetzt sind. Ebenso haben die Hutquallen meistens noch 4—8 den Mund umhängende Fangarme und am Rande des Hutes oft zahlreiche (x×4) lange Tentakel-Arme (S. 60, Fig. 39, 40). Bei den Rippen-Quallen wirken zweifelsohne die zwei langen und oft fiederästigen Seiten-Organe mit (S. 63, Fig. 45). Bei den festsitzenden Krinoideen treten an die Stelle dieser Geräthe und insbesondere der Nessel-Organe und fleischigen Arme die den Mund umstehenden gegliederten und ästigen Arme mit ihren Ranken und Tentakel-Füßchen (S. 60—63). Die Zahl dieser Organe und der Grad ihrer

Zusammensetzung ist sehr veränderlich, zumal wenn man, wie wir früher andeuteten, auch den hin- und her-neigenden und gegliederten wenn auch Muskel-losen Stiel mit seinen Wirteln von Hülfsarmen noch dazu zu rechnen hätten. Dieser Stiel besteht nämlich aus einer mehr und weniger langen Reihe von kalkigen und durchbohrten Gliedern, der nicht immer, aber oft von Strecke zu Strecke Wirtel von 1×5, 2×5 und mehr ebenfalls aus nur einer Reihe von Gliedern gebildeten Seiten-Armen trägt. Die Zahl der den Mund umgebenden Arme ist gewöhnlich 5, zuweilen 4, 9 oder 10. Diese sind selten einfach, mitunter vom 2. bis 4. Gliede an gegabelt, oder fiederästig; die Äste im einen wie im anderen Falle abermals einfach oder gefiedert, alle Äste und Zweige aus 2 Reihen auf beiden Seiten keilartig in einander geschobener Glieder gebildet, von welchen eine Rinne auf ihrer nach oben oder innen gewendeten Seite gegen den Mund zu herabläuft. Längs dieser Rinne stehen in 2 Zeilen zahlreiche Ranken aus je einer Glieder-Reihe ohne Rinne gebildet und eben so 2 Zeilen Injektions-fähiger und wimpernder Füßchen ohne Saugscheibchen, die ohnehin für festgewachsene Thiere keinen Zweck haben würden, daher dieselben wohl nur als Fühler oder gleich den Ranken mit als Mandukations-Organe dienen mögen, indem die an ihnen sitzenden Wimpern alle kleinen in ihre Nähe kommenden Körperchen in den längs der Ambulakral-Rinne fortströmenden Wasserstrom treiben. Nehmen wir nun als ein einfachstes Extrem der Zusammengesetztheit dieser Wesen nur 5 einfache aber vielgliederige Arme um den Mund an und sehen uns andererseits um eines der zusammengesetztesten Extreme um, so werden uns die etwa 100 bis jetzt aufgestellten Krinoiden-Sippen die Mittel bieten, alle Zwischenstufen auszufüllen. Dieses zusammengesetzteste Extrem werden wir etwa bei den Pentakrinen finden. Die beiden Austen berechnen die Zusammensetzung des fossilen Pentacrinus Briareus in folgender Weise:

Der Becher besteht aus 5 Dorsozentral- und 25 Seiten-Täfelchen in 2 Reihen, ohne dasjenige Täfelwerk, welches die Decke bildet; dann die Arme:

		Glieder-Zahl
5	dichotome Haupt-Arme aus je 2 Gliedern . . .	10
10	(5×2) Arm-Gabeln aus je 7 Gliedern . . .	70
20	(10×2) Arm-Strahlen aus 200 zweireihigen Gliedern	4,000
360	(20×18) Fiederäste aus je 100 Gliedern . . .	36,000
40070	zehngliederige Tentakeln oder Ranken an allen diesen Arm-Gliedern	400,700
	Die Säule aus mindestens 900 einreihigen Gliedern	900
3000	wirtelständige Seitenarme zu 100 Gliedern . .	300,000
	Mithin Gesammtzahl dieser Glieder	741,680
	der auf den Armen stehenden Ranken	40,070
	eben so viele Reihen wimpernder Tentakel-Füßchen mit den zu ihrer Injektion dienenden Wasser-Kanälen in allen Armen.	40,070
	Oft stehen zu beiden Seiten der Ambulakral-Rinne auch noch aufgerichtete Kalk-Plättchen, die sich von beiden Seiten her über die Mitte zusammenklappen und die Tentakel-Füßchen zudecken und schützen können ꝛc.	40,000
	Endlich sind alle Glieder der Arme des Bechers wie des Stieles sowohl durch ein elastisches Gewebe als durch kleine Muskelchen verbunden, doch durch wenigstens 2 jedesmal? — Dieß gibt ohne die Muskeln für die zuletzt erwähnten Klappen und die übrigen Muskeln	1,481,560

Bei Encrinus liliiformis (S. 60, Fig. 38) ist nach de Koninck und Lehon die Anzahl der Arm-Gliederchen 26,000.

Bei den zum Ortswechsel befähigten Ophiuren, Asterien und Echiniden verhält sich die Sache etwas abweichend. Ihre Stiele oder Säulen fallen weg; ihre (5) Strahlen sind außer bei den Euryalen mit nur unvollkommen gegliederten aber einrollbaren Armen einfacher, kürzer, ihre Gliederung minder zahlreich; oder die Arme fehlen bei den Echiniden gänzlich. Aber während von den Asterien ab auf Warzen eingelenkte Stacheln an die Stelle der Ranken treten, welche nicht mehr zum Greifen sondern zur Stützung des Thieres bei'm Orts-Wechsel bestimmt sind, gehen auch die in den Ambulakral-Furchen oder Fühlergängen vorhandenen Tentakel-Füßchen

in lokomotive Saugfüßchen mit einer Saugscheibe an ihrem Ende über. Indem sich so die bisherigen Mandukations-Organe in Lokomotions-Geräthe verwandeln, entstehen andere, sogenannte Pedicellarien, in Form von kalkigen 2—3 schenkeligen Zangen, welche durch je einen spiral-gedrehten dehnbaren und wie Vorticellen-Stiele wieder zusammenschnellenden Stiel auf der Haut des Thieres sowohl an seiner unmittelbaren Oberfläche, wie auf den lokomotiven Stacheln oder Stäbchen befestigt sind und die ergriffene Beute eines dem andern zu übergeben scheinen, bis dieselbe in den Mund gelangt? Die Zahl dieser Organe, deren jedes aus 2, 3—4 Stückchen zusammengesetzt ist, mag wohl bei einem Individuum bis in die Hunderttausende betragen. Daneben zeigt sich aber auch an der Rückseite und an anderen Stellen des Körpers außerhalb der Fühlergänge bei vielen Krinoideen wie bei den Asterien oft eine weit in die Tausende reichende Menge von Poren, aus welchen, bei den lebenden Familien wenigstens, andere ebenfalls injicirbare Fäden ohne Saugscheibchen hervorkommen und als Tastfäden funktioniren, während die Spatangoiden auch noch mehrfache Streifen an verschiedenen Stellen ihres Körpers mit lauter feinen flimmernden Borsten und über die ganze Oberfläche zerstreute Taster besitzen, die ein kalkiges Stäbchen im Innern und eine Quaste am Ende tragen und wohl beide bei der Mandukation mitwirken mögen. Die Holothurien endlich (S. 65, Fig. 46) haben als Mandukations-Organe nur noch die ästigen den Mund umstehenden Flimmer-Tentakeln, wo sie nicht durch Saugscheibchen mehr ausschließlich zur Lokomotion bestimmt sind, und Pedicellarien in Form von kleinen Ankern, welche wahrscheinlich auch zu diesem doppelten Zwecke dienen. So nimmt also bei den Echinodermen die Zahl der Mandukations-Organe fortwährend ab, wie sie beweglicher und vollkommener werden. — Die festsitzenden oder meistens nur träge von der Stelle gelangenden Mollusken haben großentheils Mandukations-Organe oft in mehren Paaren, aber da die Flimmerhaare denselben noch sehr zu Hülfe kommen und die phytophagen Familien derselben wenig bedürfen, so steht ihre Zahl und Entwickelung anscheinend wenig in Einklang mit ihrer jedesmaligen Organisations-Höhe. Dahin gehören die mehrfach paarigen und flimmernden Mund-Arme der festsitzenden Bryozoen (S. 197, Fig. 118; S. 251, Fig. 210), die flimmernden 2 Spiral-Arme der Brachiopoden (S. 252, Fig. 211), die 2 Paar Lippen-Anhänge der sitzenden Lamellibranchier, wogegen die etwas mehr beweglichen Gastro-

poden fast ganz leer ausgehen, die meist raschen aber räuberischen Cephalopoden dagegen erst durch viele (Nautilus), dann durch 10 und endlich durch 8 Arme, oft mit Krallen und Saugnäpfen, wohl bedacht erscheinen. — Bei den in der Regel beweglichen Kerbthieren spielen diese Organe nur noch eine schwache Rolle. Die Parasiten, obwohl überall die unvollkommensten in ihrer Klasse, bedürfen an der Quelle ihrer Nahrung festsitzend derselben am wenigsten. Die sonstigen festsitzenden Anneliden können die langen ästigen Kopf-Tentakeln verwenden (S. 232, Fig. 181); den Rotatorien dient ihr flimmernder sogenannter Räder-Apparat, Beides noch ziemlich zusammengesetzte Einrichtungen (S. 208, Fig. 138). Bei anderen bestehen sie, wenn sie vorkommen, gewöhnlich in einem Paare Scheerenfüße oder Fang-Arme. Und eben so fehlen sie den Wirbel-Thieren gewöhnlich oder beschränken sich auf irgend ein paariges Organ, bis zuletzt bei den Quadrumanen und Bimanen ein zuerst den Lokomotions-Organen entliehenes, dann eigens dafür bestimmtes Paar Mandukations-Werkzeuge von höchster Vollendung sich bildet, das unendlich viel mehr werth ist als die Millionen unvollkommener und indifferenter Werkzeuge, wie wir sie bei Thierchen der untersten Klassen so vielfältig wahrnehmen.

b) Generations-Organe der Thiere.

Die Zahlen-Abnahme der Genitalien, ihrer Ausführungs-Öffnungen und ihrer Eier in der aufsteigenden Thier-Reihe wird modifizirt sein müssen je nach der Verbindung der geschlechtlichen mit der Geschlecht-losen Vermehrung, je nachdem die Thiere Zwitter oder getrennten Geschlechtes sind, je nach der anwesenden oder fehlenden Lokomotion der sich gegenseitig bei der Befruchtung kompletirenden Individuen, und endlich, was die Zahl der Eier insbesondere betrifft, nach der Anwesenheit von Kopulations-Organen und dem Schutz und der Sorge, welche die Ältern ihrer Entwickelung angedeihen lassen können. Bei wirklicher Kopulation wird wenigstens die äußere Genital-Mündung fast nur einzählig sein.

Die Selbsttheilung der Amorphozoen liefert zwar jedesmal nur zwei Individuen aus einem; da Dieß jedoch sehr rasch erfolgt und nach kaum vollendeter Theilung wieder aufs Neue beginnt, auch noch andere Verjüngungs-Weisen sich hinzugesellen, so ist diese Geschlecht-lose Vervielfältigungs-Weise eine sehr ergiebige.

Weit langsamer geht sie im Kreise der Strahlenthiere bei den festsitzenden Anthozoen und bei anderen Thier-Klassen von statten, wo sich die geschlechtliche Vermehrung dazu gesellt. Eben bei den Anthozoen entspricht die Zahl der Eier-Stöcke derjenigen der Stern-Lamellen (x×4 oder x×6) im Körper um den Magen der Thiere. Diese Lamellen sind ihre Stützen und außer der Verdauungs-Höhle oder dem Magen, durch welche die Eier dieser Ovarien ins Freie gelangen, ist die ganze innere Oberfläche des Körpers diesen Organen überlassen.

Die beweglichen Hut-Quallen, welche getrennten Geschlechtes sind, haben meist 4 wohl-entwickelte Eier-Stöcke oder Saamen-Schläuche, die in Verbindung mit dem bei vielen derselben bekannten Generations-Wechsel eine rasche Vermehrung bewirken können. Die ebenfalls beweglichen aber zwitterlichen Rippen-Quallen haben 2—4 Mal so viel Ovarien und Saamen-Schläuche zusammengenommen, als Meridianal-Reihen von Schwimmblättern, an deren einer Seite jedesmal 1—2 männliche, an der anderen 1—2 weibliche Organe herablaufen und um den Mund ausmünden. Weit zahlreicher aber werden die Genitalien noch bei den festsitzenden Echinodermen getrennten Geschlechtes, den Krinoideen, wenn wir vorerst von denjenigen einzähligen problematischen Theilen absehen, die man bei fossilen Geschlechtern als eine seitliche fünf-klappige Genital-Öffnung bezeichnet hat. Bei ihnen werden nämlich die Fortpflanzungs-Stoffe in der Schlauch-artig erweiterten Basal-Hälfte der schon öfters erwähnten Ranken bewirkt, deren Anzahl wir bei Pentacrinus bis zu 40,000 (5×8000) zunehmen sahen. Wären nun alle Ranken bis an die äußersten Spitzen der Äste mit Genital-Apparaten versehen, so würde deren Zahl bei den Krinoideen gewiß weitaus die größte sein. Diese Genitalien haben keine Mündungen, sondern entleeren sich zur Zeit der Reife durch Platzen nach außen. Ein gleicher Vorgang mag wohl bei einigen Asterien stattfinden, in deren Armen die Genitalien je beiderseits (2zeilig) unter der Reihe ihrer Dorsal-Plättchen der Länge nach hinziehen, ohne daß man bis jetzt vermocht hätte Ausführungs-Gänge zu entdecken. Bei den meisten Asterien und Ophiuren aber bilden sie innen im einspringenden Winkel zwischen je 2 Armen, dort in den Armen selbst und hier noch in der Scheibe, 2 Quasten, welche dann bei jenen durch zahlreiche mit den Ästen der Quasten zusammenhängende Poren an der Rückseite, bei diesen durch eben so viele oder doppelt so viele (2×5 oder 4×5) an der

Mund-Seite beiderseits am Grunde der Arme gelegene Spalten nach außen münden. Hier macht die Vereinfachung der Zahlen mithin eine kleine Diversion, indem der Reihen-Ordnung nach man die Genitalien mit zahlreichen Poren-Mündungen gleich denen mit platzenden Schläuchen eher bei den Ophiuren und die mit in wenige Spalten vereinten Mündungen bei den Asterien gesucht haben würde. Bei den Echinoideen ist der Scheitel von 5 Ovarial-Täfelchen umgeben, deren jedes von nur einem Poren für den Austritt der Genital-Stoffe durchbohrt ist; bei den höheren Spatangoiden sind deren sogar nur vier. Die Holothurien endlich haben nur noch eine Genital-Öffnung an der Bauch-Seite gleich hinter dem Munde; in diese münden jedoch bald 6 lange Röhren-förmige Genital-Organe, bald eine noch größere Anzahl Quasten-förmig vereinigter Röhrchen zusammen.

Bei den Weichthieren gestalten sich die Zahlen-Verhältnisse weit einfacher, und merkwürdiger Weise zeigen sogleich schon die fest und dicht aneinander gewachsenen diöcischen Bryozoen wie die meist monöcischen Tunikaten nur einen Hoden oder einen Eierstock, während diese Organe doch sonst fast immer wenigstens paarig vorkommen; doch treiben alle dabei, wie schon früher erwähnt, wenigstens einmal auch Sprossen oder zeigen Generations-Wechsel.

Die meist diöcischen Brachiopoden und Lamellibranchier (Najaden, Cycladen ꝛc.) aber besitzen, wieder an die vier- und fünf-zähligen Genitalien und Genital-Mündungen der Aktinozoen erinnernd, nicht nur paarige Genitalien, sondern auch ebenso eine doppelte Mündung derselben zu beiden Seiten des Körpers, oft nebst einer Befruchtungs- und Brüte-Vorrichtung an oder in den beiderseitigen Kiemen-Blättern (S. 239), während festgeheftete und stark unsymmetrische Hermaphroditen (Pecten) meistens wieder nur ein Ovarium und einen Testikel zu besitzen scheinen, von welchen der letzte am Ende der Fuß-Furche ausmündet. Wie ungeheuer zahlreich die später sich selbst überlassenen und vielen anderen Wasser-Thieren zur Nahrung angewiesenen Eier dieser Wesen sind, geht unter Anderm aus Unger's Untersuchungen hervor, der bei einem Unio pictorum die Anzahl der gleichzeitig vorhandenen Embryonen und Jungen auf 300,000 berechnete; Anodonta undulata legt nach Leo 600,000, die gemeine Auster nach der Schätzung verschiedener Autoren 100,000 bis 10,000,000 Eier; sie sind schon weit früher fruchtbar als sie ausgewachsen sind. Die zwitterlichen Pteropoden haben nur ein-

zählige Genitalien und Mündungen, obwohl sie symmetrisch sind. Unter den Heteropoden haben wenigstens die zwitterlichen paarige innere Organe, hintereinander, einfach ausmündend. Die eigentlichen Gastropoden sind fast ohne Ausnahme asymmetrisch und daher, seien es Zwitter oder Diöcisten, mit nur einseitigen unpaarigen Mündungen versehen; bei ersten erscheinen die beiderlei Genitalien oft ineinander eingeschachtelt. Die Zahl der Eier bei den Land- und Süßwasser-Schnecken kann sich auf 100—1000 belaufen, die bei insbesondere den nacktkiemenigen Seeschnecken, deren Eier auch 2 bis 30 Dotter enthalten, kann mitunter der der Muscheln gleichkommen; denn Tritonia Ascanii (S. 73) legt nach Sars 25,000 in einer Schleim-Schnur zusammenhängende Eier, welche 5—11 Dotter enthalten, so daß an 200,000 Embryonen daraus entstehen können. Aber auch die symmetrischen und frei beweglichen diözischen Cephalopoden (welche sich nicht begatten) haben nur einen Hoden, ein Ovarium und für jedes derselben eine Mündung. Indessen wird bei mehren Männchen der Oktopoden der Saamen, in mehre Saamen-Taschen verpackt, in einen der Arme aufgenommen, welcher sich sofort ablöst und in die Mantel-Höhle des Weibchens begibt, um diese zu befruchten. Diese Verminderung der inneren Organe bis unter die Zweizahl, wie sie bei höheren Thieren wieder vorkommt, ist nun allerdings gegen das von uns aufgestellte Gesetz; indessen sind diese innern Genitalien jedenfalls viel komplizirter als dort, die Eier-Zahl meist größer und scheint diese Reduktion, obwohl auch ganz symmetrische Mollusken vorkommen, zum Theil mit der vorherrschenden Asymmetrie ihrer Form zusammen zu hängen.

Bei den den Kreis der Entomozoen eröffnenden Würmern, wo alle Fortpflanzungs-Arten neben einander vorkommen, ebenfalls monözische und diözische Formen getroffen werden und meistens auch eine Begattung zuweilen mittelst doppelter Ruthe stattfindet, sind auch die Zahlen-Verhältnisse der Generations-Organe sehr veränderlich, in der Regel aber die Mündungen einzählig, die Hoden und Ovarien bei den schmalsten Formen bald einzeln, bald zu zweien hintereinander liegend, bei breiteren nebeneinander Platz findend. Nur bei den zwitterlichen Blutegeln (S. 231, Fig. 177) steigt die Zahl der runden Hoden jederseits bis auf neun, während die Ovarien sich auf ein Paar beschränken, und bei den monözischen und diözischen Chätopoden werden beiderlei Organe zweizeilig, mehrzählig und können sogar durch ein Paar nebeneinander liegende Ausgänge nach

außen münden. Aber trotz der im Allgemeinen geringeren Anzahl von selbstständigen produktiven Organen grenzt die Zahl ihrer Erzeugnisse insbesondere bei solchen Parasiten, welche eine lange Metamorphose und einen langen und unsicheren Weg bis zur Auffindung eines geeigneten Entwickelungs-Ortes durchzumachen haben, oft ans Wunderbare. Der Bandwurm kann aus 1000 Glieder-Sprossen mit je 1000 Eiern zusammengesetzt sein und somit in kurzer Zeit 1,000,000 Nachkommen liefern (S. 76, Fig. 135), und bei Filaria, Ascaris und Strongylus kann die Zahl der gleichzeitig vorhandenen Eier im doppelten Ovarium eben so groß und noch größer werden. — Ja man schätzt die Zahl der in zwei Ovarien von 16′ Länge bei Ascaris lumbricoides vorhandenen Eier auf 64,000,000. Auch bei den Krustern, die mit Ausnahme einiger der unvollkommensten (Cirripeden) unter ihnen alle getrennten Geschlechtes sind, kommen einige Abnormitäten vor. Die Cirripeden, Rotatorien und Cytheren haben nur einfache Genital-Öffnungen und beziehungsweise Ruthen, aber Gabel-förmige oder doppelte innere Organe; die Lernäen und viele andere Entomostraca einschließlich der Pöcilopoden und der Isopoden haben paarige Genitalien und 2 breit getrennte Genital-Mündungen, die höchsten Kruster aber, die Dekapoden, durch Verschmelzung einzählig gewordene innere Genitalien und 2 getrennte Mündungen. Die Menge der Eier, welche Entomostraca (Cyclops, S. 308, Fig. 301) und Malacostraca mehr und weniger lange Zeit mit sich herumtragen, ist beträchtlich groß. Auch unter den Myriopoden haben die Juliden an der Brust paarige Mündungen, welche dem aus 2 verschmolzenen Ovarien gebildeten inneren Organe oder den mehrzählig paarigen Hoden als Ausführungs-Gänge dienen und sich mitunter sogar in den Hüftgliedern der Beine befinden, — während bei den Skolopendriden die subterminale einfache Mündung mit einzähligen inneren Genitalien in Verbindung steht, an deren Zusammensetzung jedoch bei den Männchen mehre Hoden Antheil nehmen. Die Arachnoiden haben nur eine einfache Mündung für die paarigen männlichen und weiblichen inneren Organe, in welche die Eier indessen aus zahlreichen Anhängen zu gelangen pflegen; nur bei den tief-stehenden und hermaphroditischen Tardigraden ist der Eierstock einfach. Die Hexapoden endlich haben nur einfache Ausführungs-Öffnungen für paarige Geschlechts-Organe, von welchen indessen jedes oft viertheilig ist oder viertheilige Anhänge hat, während auch umgekehrt die zwei Hoden sich von beiden Seiten her vereinigen können (S. 312). Auch

hier geht die Anzahl der Eier nicht selten bis in die Hunderte und Tausende, während in anderen Fällen, wo mehr für sie gesorgt wird, deren wenige genügen, und bei den Hippobosciden unter den Dipteren z. B., wo das Ei sich im Mutter-Leibe bis zur letzten Verwandlung entwickelt, gar nur eines vonnöthen ist. Es ist also, was die Zahl der Eier betrifft, nicht die Verminderung derselben an und für sich, was die nur wenige Eier oder Junge bringenden Thiere höher stellt als die anderen, sondern der größere Schutz und die größere Sorgfalt, welche die ersten den letzten gegenüber ihrer Nachkommenschaft angedeihen lassen, welche aber eben mit zunehmender Vollkommenheit der Organismen selbst fortwährend in Zunahme begriffen ist. Da auch umgekehrt die Möglichkeit, eine größere Zahl von Eiern hervorzubringen oder von Jungen aufzuziehen, wieder von manchen sonstigen Entwickelungs- und äußeren Verhältnissen abhängig ist, so muß die Abnahme der Eier-Zahl von den unvollkommensten bis zu den vollkommensten Organismen im Ganzen zwar unzweifelhaft fortschreiten, aber im Einzelnen sehr vielen auffallenden Schwankungen unterworfen bleiben.

Die Wirbel-Thiere endlich zeigen ohne Ausnahme einpaarige getrennte Organe im Innern mit einfacher Ausführungs-Öffnung; nur insofern findet eine hier erwähnenswerthe Abweichung statt, als bei den eplazentalen Säugethieren das eine Ovarium und der eine Uterus weniger entwickelt zu sein pflegt. Da wo die befruchteten Eier weder im Leibe der Mutter noch unter ihrem Schutze im Neste sich weiter entwickeln können und nebenbei häufig anderen Thieren zur Nahrung dienen, erscheint auch bei den Wirbel-Thieren noch die Zahl der Eier nicht minder groß als bei den Wirbel-losen, so daß Leeuwenhoek die Eier eines Kabliaus auf 9,000,000 berechnete, während bei den meisten Land-bewohnenden Wirbel-Thieren die Zahl der Eier auf 25, 10, 5—2 herabsinkt, und die ganz großen, so wie diejenigen fliegenden und kletternden Säugethiere, welche ihre Jungen mit sich herumtragen, solche auf 1—2 beschränken müssen, auch wenn sie verhältnißmäßig tief in ihrer Klasse stehen. Diese Reduktion der Zahl der Eierstöcke und Hoden, der Ausführungs-Öffnungen beider so wie endlich der Eier und Jungen ist also nicht allein den Vollkommenheits-Abstufungen der Organisation entsprechend, sie ist auch hier fortwährend durch die Anpassung an äußere und organische Verhältnisse bedingt. Die Zahlen aller genannten Theile nehmen in der aufsteigenden Thier-Reihe allmählich

ab; die der Eier noch insbesondere in dem Verhältnisse als Kopulations-Organe auftreten und als die Ältern einer jeden Thier-Gruppe ihre Nachkommenschaft besser zu schützen und zu versorgen vermögen, daher auch viel rascher bei selbstständigen Land-Thieren, als bei Parasiten und Wasser-Bewohnern.

c) Lokomotions-Organe der Thiere.

Wir haben gesehen, daß bei fast allen niedrigen Wasser-Bewohnern die Flimmerhaare das allgemeinste Lokomotions-Mittel sind, und deren Anzahl ist, mögen sie nun über die ganze Oberfläche des Körpers verbreitet oder auf einzelne Stellen desselben beschränkt sein, fast unberechenbar; denn unter 3—400maliger Vergrößerung gesehen stehen sie oft fast nur um ihren eigenen Durchmesser von einander entfernt. Aber sie können als Lokomotions-Organe nur so lange wirksam bleiben, als die Summe des Widerstandes, welche alle von ihnen in einer Richtung zu bewegenden Wasser-Theile ihnen leisten können, größer ist als derjenige, welchen das Wasser der ganzen Masse ihres voran-gleitenden Körpers entgegensetzt. In dem Maaße als dieser größer als jener wird, sinken auch die Flimmerhaare so wie bei festsitzenden Wesen zu bloßen Lokal-Organen herab, um das Wasser um einen Theil der nächsten Umgebungen dieser Organismen fortwährend zu erneuern, sei es um der Respiration zu dienen oder dem Munde Nahrung zuzuführen, während jener sich nur wenig oder gar nicht von der Stelle bewegt. In dem Maaße aber, als eigene Bewegungs-Organe außen sich ausbilden, entwickeln sich innen die Muskel-Apparate, bei niederen Thieren oft nur in Form von unzählbaren Fasern, bei höheren immer mehr in Muskel-Bündel und selbstständige kräftige Muskeln von geringerer Anzahl vereint. Ihre Zahl vermindert sich aber auch so wie die Zahl der Glieder bei Kerb- und Wirbel-Thieren sich vermindert, in doppelter Weise, nämlich direkt im Verhältniß zur Zahl der Gliedmaßen und ihrer Gelenke, dann auch in der Art, daß bei den Kerbthieren je ein Paar von Streck- und von Beug-Muskeln zu leisten pflegt, was bei den Wirbel-Thieren ein Streck- und ein Beug-Muskel allein noch vollkommner thut. — Nach den Infusorien, wo dichte Flimmer- und etwa einige längere Schwing-Haare die wesentlichen Lokomotions-Organe sind, stoßen wir hinsichtlich der frei-beweglichen Thiere zunächst auf die Quallen, wo bald der größte Theil des Körpers, der

ganze Schirm, zum Orts-Wechsel dient, bald die 8 den Körper allenthalben umgebenden Meridiane von Schwimm-Blättchen, welche selbst wie aus Flimmerhaar-Reihen zusammengesetzt aussehen, in Verbindung mit Seiten-Anhängen zu diesem Zwecke dienen. Gegenbaur nimmt bei der Sippe Eurhamphaea 50—60 Blättchen in einer solchen Reihe, mithin 450 Blättchen im Ganzen mit je 1 □''' Oberfläche oder von 3 □'' Gesammtfläche für einen 3''' haltenden Körper an. Wir gelangen dann zu den Echinodermen und verweisen dabei auf die Auseinandersetzung, die wir schon (S. 427) zu geben angefangen haben, wonach das getäfelte Perisom der 5 meridianalen Pedicellen- oder Ambulacral-Felder sowohl als der 5 Interambulacral-Felder der Echinoideen aus je 2, das ganze Perisom also aus 20 meridianalen Täfel-Reihen zusammengesetzt ist, deren Zahl sich jedoch bei den ausgestorbenen Echinoideen bis auf 5—7 in den Interambulacral-Feldern steigerte, weshalb wir diese untergegangenen Formen für unvollkommener halten, und wahrscheinlich hat dieses Prinzip auch für die aus zahlreichen Täfel-Reihen zusammengesetzten Echinosphäriten Gültigkeit, obwohl sie beschränkte und unregelmäßige oder gar keine Fühler-Gänge haben. Fünf Paar ästiger Arme dienen den Comateln zum Schwimmen, 5 meist einfache Arme den Ophiuren und Asterien, so wie ein Theil der Mund-Tentakeln den Holothurien, so weit sie mit Saugscheibchen versehen sind, zum Fortgleiten. Bei der Bewegung auf fester Unterlage jedoch bilden die Pedizellen in Verbindung mit den Stacheln, so weit diese letzten vorhanden, die eigentlichen Bewegungs-Organe. Die zahlreichen auf Warzen angelenkten Stacheln oder Stäbchen, gegen welche von der Haut aus feine Muskeln zusammenlaufen, um ihre Bewegung in allen Richtungen zu vermitteln, dienen dem Körper, welcher fortgezogen werden soll, zur gelenkigen Stütze wie die Beine höherer Thiere mittelst der Hüft-Gelenke, sind aber selbst nicht weiter gegliedert, können ihm keine Richtung geben und ihn nicht selbst fortschieben oder fortziehen, sondern bei der Progression nur die Reibung auf der Unterlage verhindern. Sie sind sehr klein bei den Ophiuren, welchen noch ihre biegsamen Arme zu Hülfe kommen können, und fehlen den Holothurien ganz. Das durch jene bloß erleichterte Fortziehen ist die Aufgabe der Pedizellen (S. 331). Während bei den Cidariden die größeren den Leib tragenden Stacheln (abgesehen also von den ganz kleinen von ungewisser Bestimmung) nur auf 20 meridianalen Reihen von 7—10 Warzen stehen und daher 140—200 im Ganzen nicht über-

steigen, nimmt deren Anzahl in anderen Echinoiden-Sippen, indem die großen Stacheln immer kleiner und die kleinen verhältnißmäßig etwas größer werden, allmählich bis auf 1000—2000 und weiter zu, wobei die Pedizellen-Poren fünf sogenannte Fühler-Gänge bilden, die bei den Ophiuren und Asterien beiderseits längs der verdeckten oder offenen Ambulakral-Furche radial vom Munde bis zur Spitze der 5 Arme, bei den Echinoideen meridianal beiderseits der 5 Zwischenfühler-Felder bis zum Scheitel verlaufen. Bei den Ophiuren ist die Reihe jederseits der Furche einfach, so daß auf jedes innerliche Glied des Armes jederseits nur 1, nicht mehre Poren kommen; bei den Asterien entsprechen jeder Furche 2—4 (2×5—4×5) Reihen derselben; bei den Echinoideen ist jede Hälfte eines Fühler-Ganges in der Nähe des Scheitel-Poles gewöhnlich aus 1, in der Nähe des Mund-Poles aber mitunter aus 2—4 meist etwas verschoben nebeneinander gelegenen Paaren von Pedizellen-Poren zusammengesetzt, so daß, da 30 und mehr solcher Paare in jedem Meridiane übereinander folgen, 3000—6000 mit Saugscheiben versehene Füßchen vorhanden sein können, deren jedes in seiner Scheibe wieder 4—5 Kalk-Stückchen enthält. Indeß ist schon S. 415 erwähnt, daß die Poren, welche die Umrisse der 5 Blumenblatt-förmigen Ambulacra an der Rückseite der Clypeastroiden und Spatangoiden bilden, als Kiemen zu betrachten seien. Die Füßchen sind bei der letzten dieser 2 Familien nur auf die ventralen Ambulacra beschränkt, bei den Clypeastroiden aber in solcher Menge über die gesammte Oberfläche des Körpers vertheilt, daß J. Müller ihre Zahl auf Myriaden bei einem Individuum schätzt. Ganz abgesehen nun von dem mehr oder weniger komplizirten Wassergefäß-Apparat mit seinen Ampullen, woraus diese Füßchen zur Ausstreckung injizirt werden, von dem Täfel-Gerüste, welches das Ganze stützt oder zwischen welchem die Füßchen hervorkommen, von den kleinen Schuppen, welche an der Oberfläche oft noch zu deren Schutze angebracht sind, können die hier vorkommenden Zahlen nur noch von denen der Flimmerhaare übertroffen werden, welche bei den Rippen-Quallen die 8 Reihen von Schwimm-Plättchen (analog den obigen Fühler-Gängen) bilden und bei manchen anderen niedrigen Wasser-Thierchen die Oberfläche des Körpers ganz oder stellenweise (analog den Clypeastroiden) bedecken. Die Zahl dieser Organe und die Dichte ihrer Stellung ist so beträchtlich, daß man fast eher von einer bewegenden Fläche als von bewegenden Organen sprechen kann. Und wie unvollkommen ist demungeachtet

diese Bewegungs-Weise auf fester Unterlage, die mit so zahllosen, aber unter sich vollkommen gleichartigen Werkzeugen nach allen Richtungen zugleich und gleich gut zu dienen bestimmt ist! Die Bewegungs-Weise kann in gewisser Art mit der der Rhizopoden verglichen werden, nur daß die (S. 53, 328) beschriebenen Wurzelfüße hier zu bleibenden, doch retraktilen Organen in Form von Pedizellen geworden und noch von Stacheln unterstützt sind. Bei solchen Zahlen-Verhältnissen durcheinander stehender Füßchen, Stacheln, Kiemen und Pedizellarien mögen dann auch bald die einen und bald die anderen mehr überwiegen und die einen oder die anderen einmal bei einer kleinen Familie an Zahl zunehmen, wo dem Gesetze nach eine Abnahme zu erwarten wäre. — Bei den Holothurien, wo die 12—20 Mund-Strahlen mitunter an den Lokomotions-Funktionen Theil zu nehmen scheinen, nehmen die am Körper stehenden Pedizellen rasch an Zahl ab, verlieren wenigstens zum Theil ihre wirksamen Scheibchen, verkümmern auf der permanent werdenden Rücken-Seite und verlieren sich bei den Synapten endlich ganz.

Bei den Lokomotions-fähigen Malakozoen ist bereits ein bestimmtes Vorn und ein bleibendes Unten für die Bewegung gewonnen. In diesem neuen Typus sind (abgesehen von den ohne eignes Organ und nur durch den Athmungs-Strom meistens rückwärts bewegten Schwimm-Tunikaten) für die Schwimmer die Bewegungs-Organe bald auf zwei eigene Flossen (Pteropoden), bald auf 8 bis 10 zu diesem Zwecke entliehene Greif-Arme oft mit noch 2 sogenannten Seiten-Flossen zurückgeführt; für die auf fester Unterlage beweglichen Formen aber ist in noch fortwährender Ermangelung eigentlicher Geh-Apparate ein ansehnlicher muskulöser Körper-Theil oder eine ansehnliche Körper-Seite eben so verwendet, wie in den tiefer stehenden Kreisen die ganze Körper-Fläche dienstbar war. Wenn der sogenannte Fuß der Lamellibranchiaten und Gastropoden daher nur einzählig ist, so stehen sie dadurch nicht über, sondern in derselben Weise unter den vielfüßigen Aktinozoen, wie ein Thier, das mit einem Theile seiner Oberfläche athmet, unter einem solchen steht, das viele Kiemen auf einem Theile seiner Oberfläche besitzt (z. B. die Quallen und die vorhin erwähnten Spatangoiden), obwohl bei den genannten Mollusken allerdings der zum Fortschieben des Körpers bestimmte Fuß der Lamellibranchier sowohl als der zum Kriechen bestimmte der Schnecken etwas für diesen Zweck hergerichtet erscheint.

Unter den Entomozoen haben wir schon früher (S. 343 ff.) des Mangels eigener aktiver Lokomotions-Organe bei den meisten Würmern, — des Schnecken-artigen Kriechens (mit Flimmerhaaren?) der Planarien, — der die Füße vertretenden und mit mehrfachen Arten vieler Borsten und anderer Anhänge versehenen 4 Höcker an den meisten Ringeln der Chätopoden, des flimmernden sogenannten Ruder-Apparates der Rotatorien, der von 60 (Apus) bis auf 5 Paare abnehmenden Füße der Kruster erwähnt, welche indessen öfters noch andere Schwimm-Apparate neben sich haben und mitunter (als die dem Munde zunächst stehenden Hülfs-Organe) gleich den Fühlern zweispaltig sind. Dabei zeigen allerdings die parasitischen Siphonostomen und einige andere der unvollkommneren ihnen zunächst verwandten Entomostraca ebenfalls nur 5—3 oder noch weniger Fuß-Paare; die ersten, weil sie als Parasiten selbst dieser kaum bedürfen und sie daher durch theilweise Verkümmerung einbüßen, die letzten, indem sie gleichsam auf einer embryonischen Entwickelungs-Stufe stehen bleiben, auf welcher fast alle Kruster (und Myriopoden) weniger Rumpf-Glieder und weniger Füße besitzen, daher sie auch in dieser Weise dem Entwickelungs-Gesetze der Kruster-Klasse genügen. Wir haben auch schon oben angeführt, wie die Abnahme der Zahl der Körper-Ringel im Allgemeinen bei den Krustern demselben Gesetze folgt.

Wenn hierauf die Land-Kerbthiere zuerst als 50gliederige und 100beinige oder noch vielzähliger ausgestattete Myriopoden aufzutreten beginnen, aber schon innerhalb dieser Klasse allmählich auf 25, 20, 15—12 Leibes-Ringel mit doppelten oder einfachen Fuß-Paaren (100—18) herabsinken, — wenn ihnen die Spinnen mit 4 Fuß-Paaren folgen und die 13gliederigen Hexapoden mit 3 Fuß-Paaren den Schluß machen, so zeigt sich darin ein genaues Walten des Gesetzes abnehmender Zahlen homonymer Organe, das bei der großen Menge dieser Thiere überhaupt von höchster Bedeutung ist. Allerdings bleibt die Frage noch immer zu entscheiden übrig, ob schließlich die Arachnoideen über oder unter den Hexapoden stehen sollen, und ob der Ausschlag, welchen die Zahl der Fuß-Paare in dieser Hinsicht gibt, mit der ganzen übrigen Organisations-Höhe im Einklang stehe oder eben nur hinsichtlich der Lokomotions-Organe allein gelten könne (S. 152—158); ob endlich die 2—4 Flügel der Insekten bei dieser Zählung der Lokomotions-Organe mit in Rechnung gebracht werden müssen, obwohl sie nicht, wie bei den Vögeln,

Homologe der Vorderbeine der anderen Klassen sind. Jedenfalls aber müßten, wenn unser Gesetz allgemeine Gültigkeit hat, die Zweiflügeler hinsichtlich ihrer Flügel-Zahl höher als alle Vierflügeler gestellt werden, zumal sie trotz dieser geringeren Flügel-Zahl an Flug-Fertigkeit gewiß keiner anderen Insekten-Klasse nachstehen. — Hinsichtlich der Tarsal-Glieder an den Insekten-Beinen scheint es, daß Fünf als die volle Normal-Zahl zu betrachten sei, bei welcher jene Organe sich zur größten Beweglichkeit und zum manchfaltigsten Gebrauche eignen; wir finden sie auch bei der Mehrzahl der Hexapoden. Vermindert sich diese Zahl, so dienen die Beine gewöhnlich mehr zum Festhaken als zum Laufen (Käfer), und bei nur einem übrigens einfachen und nicht Haken-förmigen Gliede selbst nur zur Bewegung auf ebener Fläche (Dekapoden); vermehrt sich dagegen die Anzahl der Tarsal-Glieder über fünf, so wird die Bewegung des Thieres unbehülflich, die Endkralle verschwindet oft, und solche Beine dienen überhaupt schlecht (Scutigera, Phalangium) oder, wenn deren nur einzelne sind, wohl gar nicht mehr zur Lokomotion (Thelyphonus, Phrynus etc.); doch erscheinen sie nur als seltene Ausnahmen. Von der ungeheuren Anzahl von Muskeln, die sich insbesondere im Raupen-Stande der Insekten vorfinden, haben wir schon früher gesprochen, und es unterliegt keinem Zweifel, daß dieselben auch im reifen Zustande mit der Zahl der Rumpf- und Bein-Glieder im Verhältniß steht, also von den Krustern und Myriopoden ausgehend bei Spinnen und Hexapoden mehr und mehr abnehme.

Die Zahlen der Lokomotions-Organe der Wirbel-Thiere zeigen sehr einfache Verhältnisse. Es sind ihrer 0—4 bei Fischen und Reptilien, 2—4 bei Vögeln und Säugethieren, was, da die 2 sowohl bei den unvollkommensten als bei den vollkommensten Wesen dieses Kreises vorkommen, im Widerspruche mit unserem Satze zu stehen scheint. Indessen haben wir (S. 409 ff.) den Fall vorgesehen, daß es auch eine Verminderung der Zahlen unter die entsprechende Normal-Zahl durch Verkümmerung (die nie mit Differenzirung verbunden ist) gebe. Dieser schon bei den Zähnen der Cetaceen und Edentaten und bei den Tarsen der Kerb-Thiere konkreter angedeutete Fall tritt bei den Extremitäten der Wirbel-Thiere als eben erst im Entstehen begriffenen Gebilden ohne bisherige Homologien vorzugsweise ein. Was zunächst die Fische betrifft, so ist bei ihnen die Zahl der Bewegungs-Werkzeuge, wenn alle vollständig und

unverkümmert vorhanden sind, dem Gesetze gemäß in der That wieder am größten, indem sich alsdann außer den 4 eigentlichen Lokomotions-Organen die ganze Wirbelsäule und mehre unpaare oder Vertikal-Flossen zugleich mit betheiligen. Wir haben schon früher erwähnt, daß die ganze aus etwa 35—150 Wirbeln zusammengesetzte Wirbel-Säule selbst bei kürzerer Gestalt des Fisches durch schlängelnde oder rechts und links gehende Bewegung insbesondere des langen kräftigen Schwanzes ein so vorzugsweises Bewegungs-Organ ist, daß sie allein, ohne Hülfe der 4 Normal-Organe, einer kräftigen Propulsion des Fisches im Wasser genügen kann. Deshalb ist denn auch die charakteristische Form des Fisches, um dieser Aufgabe besser zu entsprechen, vorzugsweise und mehr als bei anderen Thieren hoch und schmal und pflegen von Vertikal-Flossen außer derjenigen des Schwanzes noch 1—3 auf dem Rücken und 1—2 am After hinzu zu kommen, so daß die Zahl der Bewegungs-Werkzeuge bei den Gadus-Arten auf 10 steigen kann, um von denjenigen Fällen nicht zu sprechen, wo, wie bei Polypterus und anderen, sich die Rücken-Flosse in eine ganze Reihe kleiner Flößchen aufgelöst zeigt. Je weiter die Vertikal-Flossen rund um den Körper greifen oder je mehr die Wirbel-Zahl sich vermehrt, desto mehr pflegen die vier Extremitäten und die Schwanz-Flosse zu verkümmern, damit aber auch die Propulsions-Schnelligkeit im Ganzen abzunehmen. Und wie viel zusammengesetzter sind noch außerdem diese Flossen den 4 Extremitäten höherer Thiere gegenüber, die ihrerseits weniger zahlreich aber mehr differenzirt sich zu weit manchfaltigeren Benutzungen eignen. Während die Zahl und Art der Arm- und Bein-Knochen, wenn auch in rudidimentärer Form, ungefähr dieselbe wie bei höheren Wirbel-Thieren ist, kann die Zahl der den Fingern und Zehen entsprechenden vielgliederigen Flossenhaut-Strahlen je 3—12 und einschließlich derjenigen, welche in den dreierlei Vertikal-Flossen enthalten sind, 50, 100—200 betragen, wozu dann erst noch die fast gleich große Anzahl Flossenstrahlen-tragender Interspinal-Beinchen und oft die nicht minder große Zahl der diese letzten auf der Rücken- und Bauch-Firste verkettenden Zwischenknöchelchen kommen muß. Indessen verdienen die zwei Abtheilungen homocerker und heterocerker Fische noch eine nähere Betrachtung. Zu diesen gehören alle Plagiostomen und fast alle Ganoiden; zu jenen die Teleosti. Bei den Heterocerken läuft das Schwanz-Ende der Wirbel-Säule mit einer längeren fast illimitirten Reihe immer kleinerer Wirbelchen in die Spitze einer etwas

aufwärts gerichteten einfachen Schwanzflosse aus; bei den Homocerken ist die Zahl der Schwanz-Wirbel geringer, ohne erhebliche Größen-Abnahme, und die 2—3 letzten derselben tragen eine vertikale Reihe breit zusammengedrückter Knochen-Stützen oben, hinten und unten, auf welche die Strahlen der zwei- und gleich-lappigen oder selten abgerundeten Schwanzflosse angelenkt sind. Dort ist die Zahl der knorpeligen Gräten in den Schwanz- und anderen Flossen sehr groß; hier sind sie knochig und zählbar. So findet von den Plagiostomen durch die Ganoiden bis zu den Teleosten eine Reduktion der Zahl homonymer Organe, nämlich Schwanz-Wirbel und Flossen-Strahlen, auf eine kleinere bestimmtere Zahl von stärkerer Beschaffenheit, differenterer Funktion (Schwanzstiel- und Flossenträger-Wirbel) und thatkräftigerer Wirkung statt, indem nämlich die einlappige aufsteigende Schwanzflosse der Heterocerken weniger zur Wendung rechts und links oder zur Propulsion wie bei den Knochen-Fischen, als zur Drehung des Körpers um seine eigene Längen-Achse dient, welche diesen Raubfischen, deren Augen oben und deren Mund unten liegen, jedesmal nöthig ist, wenn sie eine Beute erschnappen wollen. Bei den Ganoiden, wo der Mund mehr oder ganz terminal ist, nimmt auch der heterocerke Charakter ab. Durchgehen wir die Fische Ordnungs-weise, so finden wir die knorpeligen Leptocardier (Branchiostoma) und Cyclostomen ohne eigentliche Extremitäten, nur mit niedrigen langen Vertikal-Flossen versehen und schlecht schwimmend; die knorpeligen Plagiostomen und ebenfalls oft ganz oder theilweise knorpeligen Ganoiden fast immer in vollständigem Besitze aller Arten von Flossen, und der Rücken-Flossen insbesondere, oft zwei hintereinander. Unter den Knochen-Fischen pflegen den Aalen, Tänioiden und anderen sehr viel-wirbeligen Formen die paarigen Flossen um so mehr zu verkümmern und zu fehlen, je mehr sich der Körper mit seinen niederen und selbst mitunter verschwindenden Vertikal-Flossen in die Länge streckt. Überhaupt verkümmert oder fehlt das eine oder das andere Paar der ersten um so leichter und öfter, je mehr der Körper von seiner mäßig langen und mäßig kompressen Keil-Gestalt in der einen oder der anderen Richtung abweicht, um sich besonderen äußeren Existenz-Bedingungen anzufügen. Auch der zahlreichen Gräten wäre noch zu erwähnen, welche ohne unmittelbaren Zusammenhang mit der Wirbel-Säule im Fleische der meisten Knochen-Fische stecken und den übrigen Wirbel-Thieren abgehen. So sehen wir bei den Fischen einen Exceß der Zahlen bald in den Wirbeln, bald in den

Finger- und Zehen-Knochen und deren Gliedern, bald in der Bildung der Vertikal-Flossen wie der überzähligen Gräten, in welchen größtentheils schon bei manchen Fischen selbst wie bei den Reptilien eine starke Reduktion eintritt. — Zwar zeigt sich auch bei diesen in der Stufen-Leiter, welche die 0, 2—4füßigen Dipnoen, die Fußlosen und 2—4füßigen Schlangen, Ringel- und Schuppen-Echsen bilden, deren Fuß-Zehen ebenfalls von 0 auf 2, 3—4 und endlich bis auf die normalen 5 allmählich zunehmen und sich verlängern, wohl häufiger ein fortschreitender Differenzirungs- aber nur selten ein Zahlen-Reduktions-Prozeß, indem sich diese Thiere vom Wasser aufs Trockene, vom unterirdischen Leben und vom Boden zur freieren höheren Bewegung mittelst vollkommnerer Organe erheben. Nur darin zeigt sich das Reduktions-Gesetz in Kompensation mit dem vorigen, daß die Wirbel-Säule um so reicher (bis 200) an Wirbeln wird, je vollständiger die Extremitäten verkümmern. Dieselbe Erscheinung zeigt sich wieder auch bei den Flügel-losen Wasser- und Boden-Vögeln, dieselbe bei den zweiflossigen Cetaceen, bis dann endlich im Menschen die Zahl der Lokomotions-Organe, durch Umgestaltung der Vorder-Extremitäten in fast ausschließliche Mandukations-Werkzeuge auf das mögliche Minimum, auf Zwei zurückgeführt wird. Aber auch dieses Paar von Greif-Organen auf Kosten der 2 Paare Geh-Organe tritt nicht auf, ohne daß in den Affen zuerst beide Paare von Geh-Werkzeugen diese Umwandlung erfahren hätten, nicht ohne Nachtheil für deren Bewegungs-Vermögen auf ebenem Boden. — Daß aber auch bei den Vögeln und Säugethieren das Herabsinken der Zehen-Zahl unter Fünf nur als partielle Verkümmerung überhaupt oder in Folge der Anpassung zu ganz speziellen Existenz-Bedingungen zu betrachten sei, ist schon früher entwickelt worden. Eine wirkliche gesetzliche Reduktion dagegen finden wir am deutlichsten ausgesprochen, wenn wir die Betrachtung mit den zahlreichen Zehen und Phalangen der fossilen Fisch-Reptilien, oder mit den oft mehr als drei-zähligen Phalangen der Cetaceen beginnen, wo auf der untersten Stufe der Fuß-Bildung die konstituirenden Theile die volle Normal-Zahl mehr und weniger weit überschreiten, um sich, so wie der Fuß zum Gehen bestimmt wird, auf dieselbe zurückzuziehen. Selbst das lokomotive Gefieder der Vögel, die Schwung- und Steuer-Federn derselben, unterliegen diesem Gesetze. Die Normal-Zahl der wichtigsten unter den ersten, der Handfedern nämlich, ist 10 und sinkt durch mehr und weniger starke Verküm-

merung der vordersten unter ihnen, während alle anderen an Fischbein-artiger Stärke wie an Länge und Breite zunehmen, bei den meisten besseren Fliegern (Hirundiniden u. s. w.), aber auch bei vielen anderen unter den Sing-Vögeln (die wir als die vollkommensten betrachten) auf 9 herunter, wie bei diesen, den Raub- und den Tauben-Vögeln auch die wenigsten zahlreichen aber wohl-entwickelten Schwanz-Federn (12, von den sehr selten und vereinzelt vorkommenden 10 abgesehen) regelmäßig gefunden werden, während bei solchen Schrei- und Hühner-Vögeln, wo sie nicht sowohl zum Steuern als zum Schmuck dienen und nicht so steifschäftig sind, ihre Zahl oft schon auf 16 bis 18, — bei solchen Lauf-, Sumpf- und Wasser-Vögeln aber, wo sie gar nicht mehr als Steuer dienen, noch viel höher steigt.

b) Empfindungs-Organe der Thiere.

Die Empfindungs-Organe der Thiere treten zuerst fünfzählig auf. Fünf meridianale Nerven-Fäden, durch einen Kreis-Faden als Schlundring verbunden und an diesen Verbindungs-Punkten einfach oder in einen Nerven-Knoten angeschwollen, bilden die erste Form des Nerven-Systemes, dessen fernere paarige Gliederung und weiteren Differenzirungs-Gang wir (S. 382 ff.) auseinander gesetzt haben. Daraus geht hervor, daß die Zahl der Nerven und Nerven-Knoten zwar von den komplizirten und höchst feinen Bewegungs-Apparaten der Echinodermen eben so wenig als von der der Flimmerhaare affizirt wird, aber weiterhin hauptsächlich mit der der (gesammten und nicht bloß lokomotiven) Bewegungs- und Sinnes-Organe, der Glieder, Muskeln, Augen, Ohren u. s. w. im Zusammenhange steht, daher etwas abweichend von der gewöhnlichen Regel die Zahl der Nerven-Knoten und Nerven-Fäden bis zur vollkommnen Ausbildung jener Organe wachsen muß und erst von da an abnehmen kann. Was die Bewegung der Flimmerhaare als früheste ausschließliche Bewegungs-Mittel betrifft, so kommen sie auch im Pflanzen-Reiche bei den Algen vor und setzen also keine Nerven voraus, obwohl wir zugestehen müssen, daß hierdurch ihre Thätigkeit nicht weniger räthselhaft wird, wenn wir auch in der Sarkode der Rhizopoden einen zweiten Fall sehen, wo ohne nachweisbares Nerven-System doch eine große willkürliche Beweglichkeit stattfindet. Anderntheils erheischen auch die bloß entliehenen Bewegungs-Organe, ihre Verwendung zu mehrfachen Zwecken, wie solche zumal

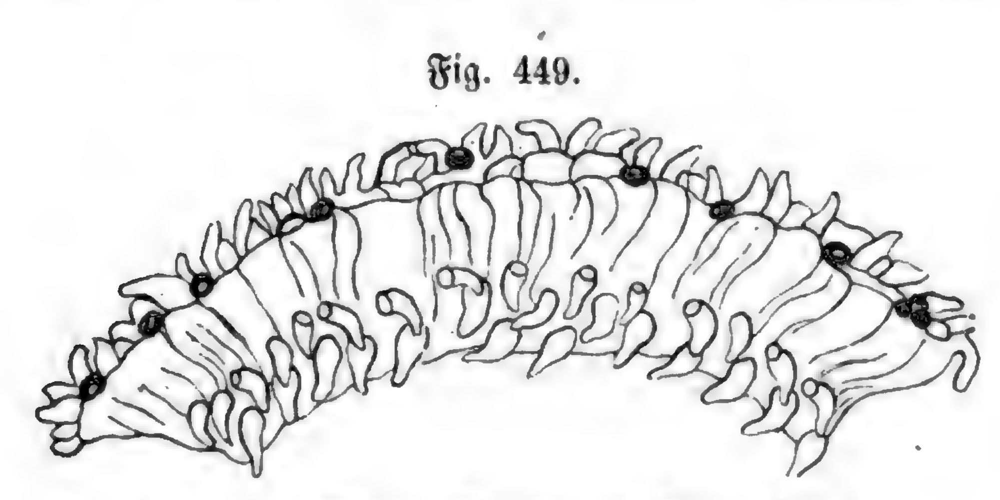
auf den unteren Stufen des Thier-Reiches gemeiniglich vorkommt, keine oder keine verhältnißmäßige Vermehrung der Nerven und Nerven-Mittelpunkte. Die anfängliche Zunahme der Nerven-Zahl wird von dem fortwährenden Auftreten immer wieder neuer Sinnes- und Bewegungs-Organe verschiedener Art und von der Zahl der homonymen Körper-Gegenden und Organe dieser Art, die Zahlen-Reduktion derselben kann aber nur von der Zahlen-Abnahme dieser letzten allein bedingt werden. Daher kömmt es denn, daß bei den Weichthieren außer den 4—6 Nerven-Knoten des Schlund-Ringes nur noch 1—2 getrennte oder verschmolzene Paare derselben vorhanden sind, welche die nur wenig von einander geschiedenen Körper-Gegenden mit Nerven versorgen, und daß die höchste Anzahl derselben sich erst bei den Kerbthieren entwickeln kann. Daher kömmt es ferner, daß in allen denjenigen Familien und Ordnungen, welche am Anfange einer Kerbthier-Klasse stehend unvollkommener als die anderen gegliedert sind, auch die Zahl der Nerven-Mittelpunkte nicht durch höhere Entwickelung und Differenzirung, sondern durch Verkümmerung und Verschmelzung zurückbleibt, was wir ein für alle Male andeuten wollen. Bei den Rippen-Quallen bilden 8 von der Trichter-Mündung aus unter den Schwimmblätter-Reihen verlaufende Nerven-Stränge je ein Knötchen ohne sichtbare Verzweigung unter jedem der 50—60 Schwimmblättchen von Eurhamphaea: wohl die größte Zahl von Nerven-Knoten, welche jetzt in einem Thiere bekannt ist (wenn anders diese mit den gewöhnlichen Ganglien übereinstimmen in Struktur und Leistung?). Bei'm Blutegel sehen wir 20—30 Nerven-Knoten des Bauchstranges hinter dem Schlund-Ringe aufeinander folgen und je vier verzweigte Nerven-Äste nach allen Richtungen aussenden. Der Bauchstrang ist der schmalen Form des Thieres und dem Mangel seitlicher Gliedmaßen entsprechend in seiner ganzen Länge einfach, obwohl dem Anscheine nach aus zweien verschmolzen, welche aber bei der breitleibigen Malacobdella auch in ihrer ganzen Länge getrennt bleiben. Dagegen pflegen weiterhin bei den übrigen höheren Entomozoen, besonders im Larven-Zustande, beide dicht nebeneinander liegende Fäden, außer in den Ganglien, getrennt zu sein und eine Verschmelzung derselben erst später und meist nur streckenweise da vorzukommen, wo der Körper sehr schmal, oder die Bewegungs-Organe verkümmert, oder die Internodien zwischen den Ganglien sehr kurz sind. So sehen wir unter den Krustern anfangs bei den schwach gegliederten Ro-

tatorien nur wenige Knoten, während später bei den vollkommensten Typen derselben, unter den Dekapoden nämlich, die Zahl der Bauch-Knoten von etwa 15 bis auf 3—2 zurückweicht (S. 390). Bei den Myriopoden ist die Zahl der Ganglien nahezu der der Körper-Ringel gleich und geht deshalb mit dieser (S. 391) von beinahe 50 bis auf 10 und weiter zurück. Bei den (den Kopf nur = 1 Glied gesetzt) 13gliederigen Hexapoden sieht man die Zahl der Ganglien von 9 auf 6 und weiter zurückgehen, wobei der Nerven-Strang größtentheils einfach erscheint, während er im langstreckigen Raupen-Zustande desselben Thieres doppelt und getrennt auftretend bis 11 Nerven-Knoten hinter dem Schlund-Ring vereinigt; denn während der Metamorphose des Thieres verschwinden mehre Knoten, obwohl alsdann doch noch oft einzelne Nerven von derselben Stelle abgehen, und andere Knoten verschmelzen in einen, welcher darnach mehre Leibes-Ringel mit Nerven zu versehen hat (vgl. S. 391, Fig. 425). Bei den Arachnoideen endlich geht die Zahl der Ganglien der Bauchkette auf 4—3 zurück, die langbäuchigen Skorpione ausgenommen, welche deren bis 8 bedürfen. Bei den höheren Wirbel-Thieren ist die Zahl der Nerven-Paare, welche aus dem Rückenmark entspringen, in Übereinstimmung mit der Anzahl der Wirbel, welche zwischen Schädel und Schwanz liegen. Sie vermindert sich also allmählich, wenn auch mit mancherlei Schwankungen, so wie in Folge besserer Entwickelung der Lokomotions-Organe die Wirbel-Säule selbst sich allmählich verkürzt. Bei'm Menschen sind ihrer noch 31 Paare, während die Zahl der aus dem Gehirn entspringenden Paare von den Mollusken an bis zu den Säugethieren herauf im Ganzen wohl in Zunahme begriffen ist, weil sich in ihnen nicht nur mehre Knoten allmählich vereinigen, sondern auch die höhere Ausbildung alter und Entwickelung neuer Sinnes-Organe eine größere Nerven-Menge erheischt. Aber die verschiedenen Sinnes-Werkzeuge sind keine homonymen Organe; die Nerven homonymer Sinnes-Werkzeuge vermindern sich, wie wir alsbald sehen werden, ganz im Einklange mit dem aufgestellten Gesetze.

Die Augen kommen erst bei den Strahlenthieren und hier nur in der Grund-Zahl homotyper Organe, nämlich zu 4—5 vor. Sie erscheinen bei den Hut-Quallen bald gleichmäßig aneinandergereihet und eben so zahlreich als die Rand-Tentakeln im Umfange des Schirmes, an deren Basis sie stehen (35×4 bei Staurophora), bald zusammengehäuften Augen der Kerbthiere ähnlich, wenn nämlich

jene Tentakeln auf 4 Punkte an den Enden der vom Magen ausstrahlenden Ernährungs-Kanäle zusammengedrängt sind (11×4 bis 14×4 bei Hippocrene); bald sind ihrer nur je 2—4 in den Zwischenräumen zwischen den Enden jener 4 Kanäle gleichmäßig vertheilt (Tiaropsis z. B.), oder eine einfache oder doppelte Bogen-Reihe von je 8—35 transparenten Zellen, wie Augen-Rudimente aussehend, umgibt sie auf dem die ersten überragenden Lappen in einiger Entfernung; bald endlich ist nur die einfache Vierzahl der Augen der Zahl der Tentakeln entsprechend vorhanden (Sarsia und andere). Die bald zahlreichen und bald ganz fehlenden Rand-Tentakeln selbst können nur in bedingter Weise als Gefühls-Werkzeuge gelten. Bei den wenig beweglichen Echinodermen reduzirt sich die Zahl der Sinnes-Organe ebenfalls auf ihr Simplum, die Augen der Asterien und Echinoiden auf 5, die zum Theil ästigen und für verschiedene Zwecke zugleich bestimmten Mund-Radien der Holothurien jedoch auf 12—20. Was die Weichthiere betrifft, so dürfen wir bei dem

Fig. 449.



Augen am Mantel-Rande von Pecten sitzend.

einfachen Lokomotions-Mechanismus und dem Mangel vielzählig-homonymer Organe nirgends eine große Komplexität des Nerven-Systemes erwarten und sehen es bei den höheren Klassen und insbesondere den Cephalopoden an Elementen zunehmen, weil eben erst hier der Bewegungs- und Sinnen-Apparat sich in der That sehr vervollkommnet; doch ist diese (durchaus heterotype) Zunahme der Zusammensetzung aus dem genannten Grunde mit einer Differenzirung verbunden. Von den Sinnes-Organen sind hier nur die Augen anzuführen, die von der großen Anzahl, in welcher sie bei mehren Ascidien unter den Tunikaten (wo bei Cynthia und anderen Sippen deren 14 vorkommen) und am Mantel-Rande einiger Lamellibranchier (Fig. 449)

erscheinen, mit dem Übergang an den Kopf der Kopf-Mollusken sogleich auf ein Paar zurückgehen. Die Fühler der Landschnecken variiren von 6 auf 4, und gewöhnlich haben die Gastropoden deren nur 2, welche meist zugleich die Augen tragen. — Bei dem neuen Typus der Kerbthiere treffen wir auf Augen zuerst bei den Planarien, wo deren Anzahl am vorderen Körper-Ende bald sehr groß ist und bald auf wenige herabsinkt, und bei den Blutegeln, wo solche in etwa 5 Paaren vorkommen, bis sie bei den Chätopoden, wo sie auf den ästigen oder einfachen Tentakeln sitzen, von einer großen Anzahl (Sabella) auf wenige Paare (Sigalion, Lepidonotes) oder selbst auf 2 herabsinken oder mitunter ganz fehlen. Bei den Krustern begegnen wir, von den untersten theils blinden und theils einäugigen Gruppen derselben abgesehen, zwei zusammengesetzten Augen, denen sich bei den Phyllopoden noch ein unpaariges einfaches beigesellt, das späterhin nicht mehr vorkommt. Die Fühler-Zahl, 2 Paare, ist größer als bei den Hexapoden, wo deren nur 1 Paar, und als bei den Arachnoideen, wo gar keine vorkommen. Unter den Luft-Insekten treffen wir zuerst bei den Myriopoden auf zusammengesetzte oder zusammengehäufte Augen aus je 150, 60—8 einzelnen Facetten oder Äugelchen bei den Juliden und auf 4, 1—0 Augen-Paare bei den Scolopendriden. Die Hexapoden haben zwei facettirte Seiten-Augen oft mit mehr als 100 Facetten und 3, 2, 1—0 Punkt-Augen auf der Stirne. Die Arachnoideen endlich zeigen 12—2 einfache Augen, wenn sie nicht ganz blind sind; aber wie mit den Stigmaten so machen die Spinnen auch mit den Augen eine Ausnahme von der allgemeinen Regel, insoferne die unvollkommneren Tracheen-Spinnen die geringere Anzahl von Augen (4—2) und Stigmaten (2), die vollkommneren Lungen-Spinnen die größere Anzahl von den einen (12, 8—6) wie von den anderen (8, 4—2) besitzen, eine Erscheinung, wofür der Grund noch zu ermitteln bleibt. Doch sind die Augen der Tracheen-Spinnen wenigstens nicht in höherem Grade differenzirt, als die der Lungen-Spinnen, sondern scheinen vielmehr unvollkommner zu sein. Dieß gibt eine ziemlich regelmäßige Stufenfolge, wenn man die Klassen im Ganzen vergleicht; denn im Einzelnen genommen sind sie zu vielen Schwankungen unterworfen, um zu einem Resultate zu führen. — Die homotypen Gehör-Organe sind zwar in ihrem ersten Entstehen bei den Rippen-Quallen auf nur ein Bläschen beschränkt und weiterhin überall paarig; aber auch hier zeigen sich

Zahlen-Abnahmen, wenn man die Zusammensetzung der homotypen Ohr-Apparate niedrigerer Thier-Klassen mit höheren vergleicht. Die zahllosen gleichartigen Gehör-Steinchen, deren bei Rippen-Quallen 20—30, bei den Mollusken oft weniger und oft noch mehr sind, und welche gewöhnlich (die Quallen ausgenommen) von einem komplizirten Flimmer-Apparat in Schwingung erhalten werden, erscheinen bei den Wirbel-Thieren durch 0—4 Gehör-Knöchelchen ersetzt, deren Anzahl zwar von den Fischen an nach den höheren Klassen zunimmt, aber nur indem sie sich gleich der ganzen Einrichtung des Ohres differenziren, also einem doppelten Entwickelungs-Gesetze folgen. Was endlich die Augen und übrigen Sinnes-Organe bei den Wirbelthier-Klassen betrifft, wo sie bereits auf ein Paar, als die kleinste Einheit herabgesunken sind, so ist da eine weitere Vereinfachung der Zahlen-Verhältnisse nicht mehr möglich, sondern nur noch eine in den übrigen Beziehungen zunehmende Vervollkommnung wahrnehmbar.

c) Rückblick.

So bestätigt sich also bei den Thieren das voraus angekündigte Resultat, daß in den allermeisten Fällen die für eine Funktion auftretenden homonymen Organe zuerst vielzählig seien und sich in dem Grade allmählich vermindern, als sie vollkommner und insbesondere differenter werden, bis sie zuletzt auf ihr möglich niedrigstes Zahlen-Simplum herabsinken. Eine Zahlen-Verminderung aber ohne Differenzirung ist, so lange das Simplum noch mehrfach (2×5, 2×4, 2×2 u. s. w.) vorhanden, selbst als Verkümmerung, als Erniedrigung zu betrachten. Allerdings kommen Ausnahmen von jener Regel vor, wofür aber in den allermeisten Fällen sich die Ursachen in anderen Organisations-Beziehungen, in rückschreitender Metamorphose, in Parasitismus, in anderen Anpassungen an besondere äußere Existenz-Bedingungen nachweisen lassen. Wollte man etwa gegen unser Gesetz der Zahlen-Reduktion bei fortschreitender Metamorphose einwenden, daß solches selbst in der Regel seinen tieferen Grund in der Anpassung an äußere Existenz-Bedingungen finden dürfte, so gestehen wir gerne zu, daß höhere Existenz-Bedingungen sehr oft eben sowohl eine Differenzirung der Organe überhaupt, als eine Reduzirung der Zahl homonymer Organe insbesondere erheischen können,

obwohl sich im Einzelnen der nothwendige Zusammenhang der ersten mit dieser letzten nicht überall nachweisen und sich das ausgesprochene Gesetz auf diesem Wege nicht beseitigen läßt.

Zu den wenigen Ausnahmen, wo bei den niedrigsten Thieren sogar die Zahl gleichnamiger Organe unter dem normalen Simplum derselben zurückbleibt, gehören die einzähligen und einfachen Augen-Punkte der Infusorien oben auf dem Vordertheile ihres Körpers (S. 407, Fig. 445). Man muß in diesem Falle wenigstens eingestehen, daß, da diese Punkte nicht unter ein gewisses Minimum der Größe herabsinken können, wenn sie noch einige Licht-sammelnde Kraft behalten sollen, und bei der großen Form-Einfachheit der ungetheilten mehr und weniger ovalen Körper-Masse eine größere Anzahl weder Raum gefunden haben würde, noch nothwendig zu sein scheint.

b) Reduzirung der Zahlen bei homonymen Pflanzen-Organen.

Wir haben für angemessen erachtet, das Gesetz der Zahlen-Reduktion zuerst in allen Organen-Systemen durch alle Klassen des Thier-Reiches hindurch als vorhanden nachzuweisen, ehe wir uns diese Aufgabe auch für das Pflanzen-Reich setzen, wo dasselbe mehr Einreden erfahren kann, weil man noch nicht darüber einverstanden ist, welche der Hunderte von Dikotyledonen-Familien man als vollkommner und welche als unvollkommner zu betrachten habe, und weil man insbesondere gerade darüber entgegenstehenden Ansichten huldigte, ob die ein- oder die viel-blättrigen Blumen, jene mit wenigen und diese oft mit zahlreichen Staubgefäßen versehen, als die höher entwickelten zu betrachten seien. Nachdem aber dieses Gesetz in Bezug auf die Zahlen-Verhältnisse bei den Thieren unzweifelhaft nachgewiesen worden ist, wird sein Bestehen im Pflanzen-Reiche durch die Analogie beider die kräftigste Stütze finden, die es erhalten kann.

Es waren Erwägungen paläontologischer Art, welche uns 1852 zur Ansicht veranlaßten*), daß die Gamopetalen wohl über den

*) N. Jahrb. f. Mineral. 1852, S. 420—432. Unsere an derselben Stelle zu findende Berufung auf die frühere Angabe Schleiden's: „daß auch die Krone gamopetaler Pflanzen im ersten Knospen-Zustande vielblättrig, die Polypetalie

Polypetalen stehen müßten, und wenn jene auf äußere Gründe gestützten Erwägungen eine innere Rechtfertigung finden, so wird man befugt sein, beide für um so berechtigter zu halten. Zwar haben schon Cassel (1817), Wilbrand (1834), Fries, Adr. de Jussieu u. A., ohne sich auf einen von unseren beiden Gründen zu stützen, die Gamopetalen über die Polypetalen gestellt, aber zu allen Zeiten scheint die entgegengesetzte Ansicht die meisten Anhänger gefunden zu haben, zumal seitdem Decandolle dieselbe dem Systeme zu Grund gelegt hat, wonach er das ganze Pflanzen-Reich zu bearbeiten übernahm. So betrachten C. Sprengel, Voigt, Richard, Bartling, Lindley, Perleb, Agardh, Reichenbach, Schultz, Martius, Endlicher, Unger u. A. die polypetalen Blumen als die höher entwickelten, sich über die gamopetalen erhebenden.

Auch bei den Pflanzen wie bei den Thieren müssen wir die Grund-Zahlen, welche die verschiedenen „Typen" charakterisiren, von denjenigen unterscheiden, die aus jenen, sei es durch Vervielfältigung oder durch Verkümmerung, hervorgehen. Jene ersten sind jede einzeln für sich zu betrachten, und ihre relative Größe ist nicht vom Reduktions-Gesetze abhängig. Dahin gehört die Ein-, die Zwei- und die Viel-Zahl der Saamen-Blätter bei den mono-, di- und poly-kotyledonischen Pflanzen, die Drei-, die Vier- und die Fünf-Zahl der Blüthen-Theile, von welchen die erste ebenfalls den Monokotyledonen, die zwei letzten den Dikotyledonen entsprechen. In beiden Fällen, mit Ausnahme der Polykotyledonen jedoch, gehören die größeren Zahlen dem höheren Typus, obwohl sie in den Blüthen-Theilen bei weitem nicht die gleiche Beständigkeit wie in den Saamen-Blätter zeigen, — und obwohl bei den Thieren die höhere quinäre und quaternäre Anzahl den unvollkommneren, die binäre oder Zwei-Zahl den höchsten Typen entspricht. Die Drei-, Vier- und Fünf-Zahl der Pflanzen, welche ohne Bewegungs-Fähigkeit an ihrer Stelle festgewachsen sind und daher kein primitiv verschiedenes Vorn und Hinten, sondern nur ein Unten und Oben unterscheiden lassen, entspricht zugleich der Drei-, Vier- und Fünf-Zahl der Strahlen-Thiere, die sich mit ihnen in gleicher oder nahezu gleicher Lage

---

der Krone mithin ein embryonischer Charakter sei," müssen wir allerdings aufgeben, da sich Schleiden's Angabe nicht bestätigt hat; vergl. Treviranus a. a. O. S. 601.

befinden, obwohl zwischen den Formen der Wesen beider Reiche anderweitige wesentliche Verschiedenheiten stattfinden, wie wir S. 44 ff. entwickelt haben. Die Haupt-Ursache, welche die Thiere in solche mit Strahlen-ständigen und mit paarigen Organen trennt, der Ortswechsel, bleibt den Pflanzen gänzlich ferne, — und nur mehr untergeordnete Verhältnisse, wie eine seitliche Stellung an der Achse und dergleichen, können bei einzelnen Pflanzen-Theilen eine hemisphenoide Gestaltung (wie solche bei den Aktinozoen in Folge der beginnenden Lokomotion eintritt) bei den Blumen-Organen, oder eine unbegrenzt paarige Anordnung an den Fieder-Blättern, Saamen-Strängen und dergleichen veranlassen. Wie aber bei den Aktinozoen die Grund-Zahlen 3, 4, 5 zwar im Allgemeinen bei verschiedenen Klassen derselben vorkommen, jedoch, da sie auf keinem wesentlichen funktionellen Grunde beruhen, sich zuweilen auch durcheinander mengen, so daß z. B. einzelne fünf- und sechs-strahlige Sippen und sogar Varietäten zwischen den sonst vierstrahligen Medusen, ganze dreistrahlige Familien zwischen den sonst vierstrahligen Polypen, und eben so einzelne Abweichungen bei den fünfstrahligen Krinoideen als vierstrahlige Cystideen vorkommen, — so sehen wir auch bei den dikotyledonen Pflanzen nicht nur viele Familien mit regelmäßigen oder unregelmäßigen vierstrahligen Blüthen-Theilen sich unter die doch vorherrschend fünfzählige Haupt-Masse einmengen, sondern auch einzelne drei- (sechs-) und zwei-zählige Familien oder Sippen sich da und dort einfinden, welche ausnahmsweisen Erscheinungen jedoch öfters schon äußerlich bei unregelmäßiger Form (z. B. didynamische und einige diandrische Labiaten, tetrapetale Papilionaceen) den Charakter der Verkümmerung an sich tragen, obwohl wir diesen allerdings nicht in allen Fällen zu enthüllen vermögen.

Indem wir uns zuerst zu den Ernährungs-Organen wenden, so erscheint es bemerkenswerth, daß wir sogleich am Fuße der großen Dikotyledonen-Reihe einige Sippen der Gymnospermen mit zahlreichen Kotyledonen finden, deren Anzahl sich späterhin unabänderlich auf Zwei zurückzieht. Was die Blatt-Organe betrifft, so ist zuerst auf die Zahl der Blatt-Spiralen hinzuweisen, welche theils ein- und theils mehr-zählig beisammen sich um Stämme und Zweige aufwickeln. Wir erinnern uns nicht den Unterschied hervorgehoben gefunden zu haben, daß es vorzugsweise die kryptogamischen Gefäß-Pflanzen, die Monokotyledonen und Gymnospermen sind, wo jene mehrzähligen Spiralen vorkommen, während die angiospermen

Dikotyledonen sie fast nur noch in manchen Blüthen- und Saamen-Ständen zu zeigen scheinen. Jene mehrzähligen Blatt-Spiralen finden sich an Stengeln und Zweigen von Laubmoosen, Lykopodiaceen, Filiceen, Yuccaceen, Bromeliaceen, ?Palmen, Cycadeen, Koniferen, aber auch bei den Cacteen. Auch in der Ast-Stellung einiger fossilen Equisetaceen scheint sie noch vorzukommen! Sonst aber ist sie nicht selten in der Frucht- und Saamen-Stellung unvollkommnerer wie vollkommnerer Vegetabilien. So in den Frucht-Ständen mancher Gräser (Ähren), Koniferen (Zapfen), Julifloren (Betula, Alnus, Platanus, Morus), Synanthereen (im Anthodium); in den Früchten von Rubus, Fragaria, Rosa, Magnolia; in den Frucht-Theilen von Chara; in den Saamen-Stellungen mancher Perikarpien. Dagegen scheint das Reduktions-Gesetz auf die Theile der zusammengesetzten Blätter keine Anwendung zu finden, eben weil sie nicht selbstständige Organe, sondern nur Organen-Theile sind. Die zusammengesetzten Blätter scheinen vielmehr, wenn sie nicht wie bei manchen Palmen u. s. w. bloß geschlitzt sind, als höhere Entwickelungen betrachtet werden zu müssen, schon weil die gliederartige Anlenkung des Blatt-Stieles wie der Blättchen, denen zuweilen selbst die Stipulä nicht fehlen, auf eine höhere formelle Ausbildung hinweiset; — weil sie ferner zweckmäßiger organisirt zu sein scheinen, so daß sie bei gleicher Masse einen weiteren Wirkungs-Kreis finden, um Gase sowohl als Wasser-Dünste aus- und ein-zuathmen; — weil endlich bei Gleditschien und anderen fiederblättrigen Pflanzen die offenbar am kräftigsten ausgebildeten Blätter die 2—3fach gefiederten sind, während die einfach gefiederten nur an schwächer entwickelten Neben- und Stamm-Knospen, die ganz einfachen Blätter aber nur als Deckblätter oder Knospen-Schuppen neben den letzten vorkommen. Als pflanzliche Athmungs- und Ernährungs-Organe sind sie zweifelsohne um so zweckmäßiger gebildet, je weiter sie sich in die Luft auszubreiten vermögen, weil die Pflanzen nicht wie die Thiere zum Zwecke ihrer Athmung und Ernährung ihre Stelle wechseln, noch durch mechanische Mittel lebhaftere Zuströmung der sie umgebenden Medien bewirken können.

Einen weit manchfaltigeren Anhalt für unsere Untersuchungen bieten uns die Generations-Werkzeuge der Pflanzen dar, als deren Grundzahl in den noch sehr unvollkommenen Organen, welche bei den Gefäß-Kryptogamen vorkommen, vielleicht oft Zwei oder Vier angenommen werden kann, bei den vollkommneren Blüthen

der Monokotyledonen fast immer Drei, und für die Dikotyledonen gewöhnlich Fünf und oft Vier gilt, zuweilen aber auch, wie schon angedeutet, Sechs, Zwei oder eine andere sein kann. Wir wollen hier uns nur an das Allgemeine der Erscheinung halten und auf solche mehr ausnahmsweise Fälle nicht eingehen (vergl. die Tabelle S. 89). Was nun die Kryptogamen anbelangt, so sind auch bei ihnen wie bei den unvollkommneren Thieren die Fortpflanzungs-Organe, beide nach ihrer Größe verglichen, weit zahlreicher als in den höheren Pflanzen; denn wenn gleich diese Gewächse oft sehr klein sind, so sind es doch die Keime oder die Ei'chen derselben noch viel mehr, wie sie andererseits einen viel größeren Antheil an der Gesammtmasse des mütterlichen Einzelnwesens ausmachen. Indessen ist ein Theil dieser Pflanzen auch von ansehnlicher Größe, und nach einer mäßigen Schätzung enthält ein großer Wedel von Aspidium filix mas etwa 12,000 Fruchthäufchen mit 500,000 Kapseln und 15,000,000 einzelligen Sporen darin. Bei den Monokotyledonen fehlt das Perigon selten ganz (Pandaneen, Callaceen, Podostemoneen ꝛc.) und die Zahl seiner Theile sinkt, außer bei den Gramineen, wo meistens nur 2 Spelzen im Ganzen vorhanden sind, und bei einigen anderen kleinen Familien, die ein nur dreizähliges Perigon besitzen, nicht unter Sechs herab, wovon drei auf den dem Kelche entsprechenden äußeren Kreis und drei auf die Blumen-Krone zu rechnen und oft sehr verschieden sind; eine Vervielfältigung dieser Zahl aber scheint kaum vorzukommen. Die Anzahl der Staubgefäße ist fast nur bei einem Theile der Scitamineen, Hydrochariden und Juncagineen auf Eins verkümmert, oft einfach der Zahl der Korollen-Theile entsprechend (Glumaceen, Xyrideen, Typhaceen, Irideen, Orchideen), am häufigsten doppelt so groß, zuweilen aber auch mehrfach, nämlich $= 3 \times 3$ oder 4×3 (einige Najadeen, Butomeen, Alismaceen, Pandaneen, Colchicaceen und Hydrochariden), so daß sich alle diese Verschiedenheiten durch den ganzen Kreis der Monokotyledonen zerstreut zeigen, wie auch dikline Blüthen durch alle Unterabtheilungen desselben, zumal aber bei den Palmen, vorkommen. Aber bemerkenswerther Weise sind es unter den großen Ordnungen mit vollständigem Perigone nur die epigynen Orchideen und Scitamineen (abgesehen von den Glumaceen mit unvollständiger Blüthe und von einigen schon genannten kleineren Familien), welche die kleinste Zahl von Staubgefäßen (nämlich 3, 1, selten 6) besitzen. Die beharrlich kleinste Fruchtfächer- und Saamen-Zahl haben die

Glumaceen; sie sind alle einsaamig. — Wir haben schon früher die auffallende Thatsache angedeutet, daß bei den Monokotyledonen sich die Blume mit allen ihren Theilen sogleich fertig vorfindet, während sie bei den Dikotyledonen sich erst allmählich ausbilden und vervollständigen muß, so daß man eine ganze Gradation von Entwickelungen unterscheiden kann, von welchen zuerst die Apetalen in solche zerfallen, die gar kein Perigonium, in solche, die etwa ein Brakteen-artiges, und endlich in solche, die ein Kelch-artiges Perigonium besitzen, worauf sich dann erst die mit Kelch und Korolle zugleich versehenen Korollifloren anschließen, die wir mit den polypetalen oder choristopetalen beginnen und mit den gamopetalen endigen lassen. Jene Apetalen enthalten in allen ihren Familien unvollkommene dikline Blüthen, und in einigen derselben kommen fast keine anderen vor. Ein eigentlicher Kelch fehlt den Piperinen, den Koniferen, den meisten Amentaceen, den Iteoideen und Urticinen. Wo bei den Apetalen ein Kelch vorhanden, pflegt er nur 3—4-, seltener 2-, 5- und 6zählig zu sein; die Anzahl der Staubgefäße bleibt meistens unter der normalen, schwankt übrigens zwischen 2 und 36 so umher, daß überhaupt von einer Normalzahl in dieser Pflanzen-Ordnung kaum die Rede sein kann. Ähnlichen Schwankungen unterliegt die Fächerung der Früchte und die Zahl der Saamen in derselben. Überhaupt kann man sagen, daß sich hinsichtlich ihrer numerischen Beziehungen die Apetalen zu den Korollifloren verhalten, wie hinsichtlich ihrer Formen-Beziehungen die Amorphozoen zu den höheren Thieren; sie bewegen sich hin und her, erst ein festeres Verhältniß suchend, das sich erst da und dann finden kann, wenn der Kelch eine feste Gestalt angenommen hat. So wie er diese gewonnen und dann eine Krone sich gebildet hat, tritt das Gesetz der Vielzähligkeit homotyper Organe und ihrer Reduktion wie bei den Thieren ein, nur daß sein Verlauf weniger regelmäßig und gleichförmig erscheint. Ebenso verhält es sich hinsichtlich der Antheren-Zahl der Staubgefäße; da kommen mit den vorherrschenden normalen zweifächerigen Stamina sehr oft 1-, 3-, 4- bis 8- und mehr-fächerige zusammen in einer Ordnung vor, und es sind insbesondere die Koniferen, wo diese hohen Zahlen am öftesten angetroffen werden. — An die Apetalen müssen sich nicht nur nach dem bei den Thieren beobachteten Gesetze zunächst die Polypetalen vor den Gamopetalen anschließen, sondern sie thun es auch insoferne, als die Polypetalen-Familien oft, die Gamopetalen aber sehr selten, einzelne Apetalen zwischen sich aufnehmen; wir erinnern

uns bei letzten nur einiger hypogynen Plumbagineen und Plantagineen ohne Korolle. Die (selten mit 2—3- oder 6-) gewöhnlich mit 4- und 5zähliger Blume versehenen Polypetalen tragen bald nur ihre einfache oder etwas modifizirte Grundzahl an Kelch- und an Kronen-Theilen, so daß nur bei den theils hypogynen und theils perigynen Succulenten, Calycanthinen und einigen anderen mitunter eine Vervielfältigung dieser Theile eintritt, bald zeigen ihre Blüthen-Theile das Zwei- bis Fünf- und selbst noch Mehrfache der Grundzahl; die höchsten dieser Zahlen kommen bei der Polycarpicae, Hydropeltideae, Rhoeadeae, Peponiferae, Cistiflorae, Succulentae, Calycanthinae, Myrtaceae, Columniferae, Gruinales, Terebinthinae, Rosiflorae und Leguminosae vor, mithin unter den Hypogynen ebensowohl als unter den Perigynen. Eben so ungleichmäßig sind unter ihnen die viel- und ein-fächerigen, die viel- und ein-saamigen Früchte vertheilt. Eine einzige epigyne Ordnung, die der Umbellifloren, hat nur 5 Kelch- und Kronen-Theile, 5 Staubgefäße, ein 2fächeriges Ovarium mit einsaamigen Fächern. — Bei den Gamopetalen endlich können die Lappen des Kelches oder wenigstens der Blumen-Krone die einfache Grundzahl nicht mehr überschreiten. Es ist nur noch bei einigen Familien der hypogynen Contorten, Myrsineen, Styracinen und der perigynen Ericinen, der epigynen Rubiaceen und Campanulaceen der Fall, daß die Lappen der Blumen-Krone sich auf 6—10 vermehren und dann auch die Staubgefäße sich auf diese Anzahl zu erheben pflegen; — aber bei den hypogynen Styracinen und Ericinen, deren Krone ausnahmsweise zuweilen 4—10blättrig statt 4—10theilig erscheinen kann, sehen wir auch die Zahl der Staubgefäße sich oft auf das 2—4fache der Grundzahl erheben, was bei Epigynen nicht vorkommt. Die epigynen Gamopetalen-Ordnungen sind daher so wie die der Monokotyledonen, apetalen und polypetalen Dikotyledonen weit weniger zur Vervielfältigung der Grundzahl geneigt, als die hypogynen und perigynen. Und eben so verhält es sich mit den weiblichen Generations-Organen. Nur die Früchte der meisten Campanulinen und Rubiaceen allein sind mehrfächerig und mehrsaamig; die der Aggregaten sind meistens und die der Compositifloren sind alle einfächerig und einsaamig. Die Fächer der Antheren sind bei den Korollifloren mit wenigen Ausnahmen auf die Grundzahl zurückgeführt. Endlich ist zu erwähnen, daß wie bei einigen Gastropoden und Annulaten unter den Thieren, so auch bei den Pflanzen polyembryonische Ei'chen

vorkommen, hier aber nur mehr zufällig und ausnahmsweise bei den Koniferen, Loranthaceen und Aurantiaceen; auch sind diese Ei'chen wohl nicht beiderseits homolog.

Wenn demnach auch die Zahlen=Verhältnisse der Pflanzen noch weniger als bei den Thieren zur alleinigen Grundlage zur Charakteristik und Unterscheidung von Klassen und Ordnungen dienen können, da sie noch weniger Beständigkeit als dort besitzen, so müssen sie doch immerhin mit in Betracht kommen; — und wenn wir das Gesetz der Reduktion der Zahlen homotyper Organe ebenso wie bei den Thieren in Anwendung zu bringen versuchen, so läuft diese Reduktion (mit der erwähnten Modifikation bei Monokotyledonen und Apetalen) ebenso wie dort mit der aufsteigenden Ordnung der Haupt=Abtheilungen des Systemes so parallel, daß die Zahlen=Reduktion offenbar auch in Beziehung mit den durch die Insertion der Staubgefäße charakterisirten Gruppen in Vergleich gesetzt zu werden verdient. Und das Resultat dieser Vergleichung bestätigt im Allgemeinen die Ansicht, welche wir (S. 87) über Hypogynie, Perigynie und Epigynie ausgesprochen haben.

* *
*

Die Grundzahlen haben, wie schon erwähnt, bei den Pflanzen nicht dieselbe Beständigkeit und Charakter=Stetigkeit wie bei den Thieren im Allgemeinen; doch stimmen sie darin mit den Strahlen=Thieren überein, deren gleichnamige Organe wie bei den Pflanzen um die Achsen=Organe in Kreisen oder als Strahlen vertheilt sind. Da diese Veränderlichkeit im Thier=Reiche nur den tiefsten Unterreichen angehört, so vergessen wir sie bald über den paarigen Organen=Zahlen höherer Kreise, während dagegen bei den Pflanzen dieselbe konzentrisch=radiale Anordnung der Theile und dasselbe Verhältniß der Zahlen in den Generations=Organen durch das ganze Reich hindurchgeht. Wir sehen nicht nur regelmäßig geformte Dikotyledonen=Blüthen mit 3= (3×2), 4= (4×2) und 5zähligen Blüthen= und Frucht=Blättern, in welchen alsdann jedem der 3, 4, 5 Kelch= oder Kronen=Blättern eine gleich große Anzahl von Staubgefäßen entspricht, sondern auch die Simpla und Multipla von 3, 4, 5, 7, 9 Staubgefäßen mit unregelmäßigen Kronen= und Kelch=Theilen in Verbindung, so daß keineswegs mehr auf jedes der letzten auch eine gleich große Anzahl der ersten zu rechnen ist, indem die letzten selbst unter sich ungleich an Größe, Form und mitunter sogar

an Funktion sind. Man hat in diesem Falle angenommen, daß im Falle dieses Ungleichwerdens der 5 (4, 3) Kronen-Blätter oder -Zipfel das entsprechende Ungleichwerden der Staubgefäße bis zum gänzlichen Verschwinden derjenigen gehen könne, auf deren Kosten die anderen sich vergrößern. Und wenn man die didynamischen Labiaten mit einem gewöhnlich ungleich 5($\frac{3}{2}$)-zipfeligen Kelche, einer zweilippigen und gewöhnlich $\frac{2}{3}$lappigen Krone und 2 kurzen oberen und 2 langen unteren Staubgefäßen betrachtet, so liegt allerdings der Gedanke einer stattgefundenen Vergrößerung der 2 unteren bei Verringerung der 2 seitlichen und gänzlicher Unterdrückung des obersten der normalen 5 Staubgefäße nahe, und man hat in diesem und ähnlichen Fällen die Zahl Vier durch einen normalen Abortus eines der fünf Staubgefäße herzuleiten gesucht, — wenn man auch in diesem und ähnlichen Fällen eben so viel Recht haben mag, das Verhältniß von Ursache und Wirkung umzukehren. Auf eine ähnliche Weise wäre dann die Siebenzahl der Staubgefäße bei den unregelmäßig und ungleich 4—5blättrigen Roßkastanien-Blüthen und manche andere Erscheinung zu erklären, während die Versuche auf ähnlichem Wege die regelmäßig vier- und gleich-blättrigen Blüthen der Cruciferen oder Tetradynamisten mit 6 ungleichen, nämlich vier größeren und zwei kleineren Staubgefäßen von einer regelmäßigen Blumen-Form abzuleiten, bis jetzt noch zu keinem befriedigenden Resultate geführt zu haben scheinen, vielleicht nur weil man sich gesträubt hat, die Vierzahl als eine mit der Fünfzahl fast gleich berechtigte in den Blüthen-Theilen der Dikotyledonen anzuerkennen. Denn bei völliger Symmetrie der vierzähligen Blüthen ziemlich zahlreicher Familien, bei völliger Gleichheit ihrer gleichnamigen Theile unter sich dürfte es (wie bei den Aktinozoen) in der That kaum möglich sein, der Vierzahl ihre Berechtigung neben der wenn auch noch häufigeren Fünf als Grundzahl zu versagen. Dagegen tragen die einmännigen Lemna-, die zweimännigen Fraxinus- und ähnliche selbst regelmäßig aussehende Blüthen, die aber der Kronen und selbst der Kelche entbehren, zu sehr das Gepräge der Unvollkommenheit und des Vereinzelten an sich, um auf eine gleiche Berechtigung Anspruch machen zu können.

C. Konzentrirung.

Dieses und die übrigen Gesetze, womit wir uns noch zu beschäftigen haben, finden eine bei weitem weniger umfängliche und allgemeine Anwendung als die zwei vorhergehenden; — und unter denjenigen Erscheinungen, deren Zusammenfassung unter diese ferneren Gesetze uns noch vorbehalten ist, sind nur wenige, die wir des Zusammenhanges wegen nicht schon früher zu berühren genöthigt gewesen wären. Insbesondere aber finden wir zu der Wahrnehmung Veranlassung, daß auf den untersten noch unentfalteten Stufen der organischen Reiche, wo derselbe Körper beinahe überall alle Funktionen zugleich übt, auch fast alle Gesetze gleichsam in denselben Vorgängen wurzeln und als eben so viele selbstständige Stämme erst in dem Grade deutlicher auseinander gehen, als wir uns höher organisirten Kreisen zuwenden. So führt die Theilung der Arbeit, die Differenzirung der Organe und ihrer Verrichtungen, die Verminderung der Zahlen gleichnamiger Organe, alles Dieß führt fast jedesmal auch in einer oder der anderen Weise zur allmählichen Konzentrirung der Funktionen auf einzelne Körper-Gegenden oder -Theile. So besteht die fortschreitende Differenzirung von Kopf, Brust und Bauch hauptsächlich in der Konzentrirung gewisser Organen- und Funktionen-Klassen in jedem dieser Theile; so entsteht der Kopf in seiner höchsten Ausbildung durch die vollkommenste Konzentrirung des Nerven-Systems, der Sinnes-Organe und der Mund-Werkzeuge in dem vorderen Körper-Ende. — Doch kann nicht umgekehrt jede solche Konzentrirung der Funktionen auch unter jene Bezeichnungen mitbegriffen, als eine Differenzirung der Thätigkeit oder eine Reduzirung von Zahlen gleichnamiger Organe angesehen werden, und solche noch ausstehende Erscheinungen sind es, die wir unter oben gebrauchter Bezeichnung allein hier zusammen zu fassen gedenken.

Die Konzentrirung der Funktionen und Organe auf einen kleinen und begrenzten Theil des Körpers sind Ausflüsse derselben gemeinschaftlicher Metamorphose der organischen Körper in der aufsteigenden Ordnung des Systemes, wie die Zahlen-Reduktion, hier auf die numerischen Verhältnisse wie dort auf die räumlichen, durch Zusammenziehung und Vervollkommnung des Zusammengezogenen wirkend; oft geht die Konzentrirung der Reduzirung einleitend voran.

Die Konzentrirung kann zunächst wieder von zweierlei Art sein. Sie kann in einem fortschreitenden näheren Zusammenrücken mehr und weniger verwandter und zusammenwirkender Theile, daher auch in einer allmählich abgerundeteren Gestaltung des ganzen Körpers, aber sie kann auch in einer innigeren Verbindung und Verwachsung homotyper Organe unter sich bestehen, wodurch mithin eine Verminderung der Zahl dieser Organe in ganz anderer Weise bewirkt würde, als wir sie bei der Reduzirung homonymer Organe kennen gelernt haben. Von der ersten dieser Konzentrirungs-Weisen gibt uns das Thier-Reich, von der zweiten das Pflanzen-Reich mehr Beispiele. Einen Mitgrund für beide Weisen wird man jedoch oft in der Anpassung an äußere Lebens-Bedingungen zu entdecken vermögen.

Zuerst bietet sich uns in dieser Hinsicht ein charakteristischer Gegensatz zwischen Pflanzen- und Thier-Körper im Ganzen genommen dar. Die an ihre Stelle geheftete Pflanze muß, um sich die nöthige Nahrung zu verschaffen, die den Stoffwechsel vermittelnden Oberflächen ihres Körpers immer mehr entfalten und umherbreiten in einer Weise, daß diese Oberfläche in einem richtigen Verhältnisse zur Masse des zu ernährenden Körpers bleibt; ja sie muß aus diesem Grunde, und da zur Verwandlung der unorganischen Nährstoffe in organische Verbindungen die nachhaltige Einwirkung des Lichtes erforderlich und diese im Verhältnisse zur Oberfläche und nicht zur Masse des Körpers steht, die Oberfläche selbst zu vergrößern suchen: der Körper höherer Pflanzen muß sich also mehr verästeln und verzweigen und seine Flächen entwickeln. Das Thier dagegen hat diese letzte Aufgabe nur etwa in den Fällen, wo es festgewachsen (Krinoideen) weit nach Nahrung umhergreifen soll; zur Assimilation seiner organischen Nahrung aber bedarf es des Lichtes nicht; gewöhnlich mit der Gabe des Ortswechsels versehen, würde es sich jedoch um so mehr in demselben gehindert finden, je größer im Verhältnisse zur Masse (Comatula, S. 63, Fig. 44) seine Oberfläche und je verzweigter sein Körper wäre. Je mehr nun überdieß in den höheren Klassen des Thier-Reiches der Ortswechsel (statt durch Schwimmen in gleich schwerem Medium) durch ein Fortschreiten auf fester Unterlage oder durch Emporschwingung in einer leichteren Flüssigkeit stattfinden soll, desto mehr muß der Körper in der Weise gebaut sein, daß sein Haupt-Gewicht sich möglich nahe über den stützenden Beinen oder unter den tragenden Flügeln zusammengezogen findet. Diese Zusammenziehung erreicht aber ihren höchsten Grad

nur wieder mit der höchsten Reduktion der Zahl der Lokomotions-Organe, nämlich der zahlreichen Fuß-Paare der Myriopoden u. s. w. auf endliche Zwei und Eins, und der zwei Flügel-Paare der meisten Insekten ebenfalls auf Eines bei den Dipteren und Vögeln. Ein anderer Theil der nöthigen Konzentrirung des Körpers wird jedoch durch die Internirung anfänglich außerhalb von ihm auftretender Organe bewirkt. So ist mithin Expandirung Bedürfniß und Charakter der festgewurzelten Pflanze; mit steigender Vollkommenheits-Stufe fortschreitende Konzentrirung des Körpers liegt im Wesen des ortswechselnden Thieres.

Ehe wir uns anschicken, die übrigen einzelnen hierher gehörigen Erscheinungen nach einander in beiden Reichen zu verfolgen, müssen wir die Bemerkung voraussenden, daß sich auch in dieser Hinsicht keine einfache Stufenleiter vom Fuße bis zum Scheitel des Systemes darbiete, sondern in der Regel nur die Klassen eines Kreises und mitunter die Ordnungen einer Klasse unter sich verglichen werden können.

Es ist begreiflich, daß bei den Amorphozoen, wo zumeist alle Körper-Theile alle Funktionen zugleich zu verrichten haben, die geringste Konzentrirung stattfinde; — und daß nächstdem bei den Aktinozoen, deren Radien alle gleich geformt sind, denen Bewegungs-, Tast- und Gesichts-Organe zur Bewegung nach allen Richtungen gleich nothwendig sind, die nächst geringste Zusammenrückung gleichartiger Organe und Funktionen zu finden sei. Bei den nackten Rhizopoden kann der ganze Körper sich beliebig in eine Kugel gestalten oder sich in lange dünne Fäden ausziehen. Dasselbe scheint für die Weichtheile der Schaalen-Rhizopoden zu gelten, während bei den Infusorien schon Alles weit mehr bleibend zusammengedrängt ist.

Bei den Aktinozoen sehen wir (von den Polypen abgesehen) die Konzentrirung von den Quallen und den Krinoiden an regelmäßig fortschreiten bei den Ophiuren und Asterien zu den Echinoiden und Holothurien: die langen dünnen Verästelungen des Körpers werden kürzer, einfacher, massiger, und ziehen sich endlich ganz an und in die Zentral-Masse desselben zurück. Diese Zusammenziehung und Verkürzung betrifft zunächst die Fühl- und Manducations-Organe, welche bei den Medusen und Krinoiden, dort oft als Mund-Arme und Rand-Tentakeln, hier (wegen des Festsitzens der Thiere nothwendiger geworden) als ästige und einfache mit Ranken und Tast-Füßchen besetzte Arme des Bechers wie auch mit-

unter am Stiele, und sohin auf allen von einander entlegensten Theilen des Körpers vorkommen. Sie betrifft die Bewegungs-Organe, als welche bei den Medusen der ganze Schirm funktionirt, bei den Comatulen die gabeligen und gewimperten, bei den Ophiuren und Asterien die einfachen Arme, bei den Echinoideen die Körper mit ihren Pedizellen in Thätigkeit sind. Sie betrifft ferner die Generations-Organe, welche bei den Krinoiden, wenigstens der ihnen am nächsten verwandten Abtheilung der Echinodermen gegenüber, in den Armen am weitesten auseinander liegen (S. 289), bei Ophiuren und Asterien schon in die Winkel der Arme und bei den Echinoideen und Holothurien endlich gegen die Mitte des Körpers nahe zusammenrücken und statt in den Armen, oder dann in deren Winkeln, sich immer dichter zusammen um den Scheitel oder gar in eine gemeinsame Öffnung hinter dem Munde vereinigen (Holothurien). Die Konzentrirung betrifft aber endlich außer den Tastern noch ein anderes Organ, die Augen, welche vom Hut-Rande der Medusen (S. 60) und den Strahlen-Spitzen der Asterien (S. 384, Fig. 416) kommend in dem dem unterständigen Munde entgegengesetzten Scheitel der Echinoiden dicht aneinander treten, um endlich bei den Holothurien vorn auf die Mund-Radien, die selbst wenigstens eine gelegentliche Gefühls-Funktion zu haben scheinen, überzugehen, womit dann die zu einem Kopfe gehörigen Theile am Vorderende vereinigt wären, ohne daß jedoch dieser Kopf sich bei den Aktinozoen auch schon formell als solcher absonderte.

Der Gesammt-Körper der Weichthiere ist überall kurz und zusammengedrängt, da eben die Weichheit desselben mit einer großen Verlängerung und Verästelung nur dann verträglich erscheint, wenn er wenigstens in harter Schaale Schutz und Stütze findet, welche sich dann auch bei den Schnecken noch spiralig aufwickelt und so den in die Länge (oder Höhe) gezogenen Körper konzentrirt. Nur bei einigen fossilen Nautilaceen (Orthoceratites) und Ammonitaceen (Baculites) behält er seine gerade öfters 2′—10′ lange Gestalt, die uns dann auch als die verhältnißmäßig unvollkommenste in ihren beziehungsweisen Familien erscheint*). Aber die Kerbthiere werden wieder durch die vorzugsweise langstreckigen Würmer eröffnet; unter den stieläugigen Malakostraca gehen die im Allgemeinen lang-

*) N. Jahrbuch für Mineral. 1856. S. 257—284.

streckigen Stomatopoden und Makruren mit langen und vielgegliederten Fühlern den in Rumpf, Kopf und Kopf-Theilen immer mehr konzentrirten Brachyuren, unter den Luft-Insekten die meist langgestreckten Myriopoden den gedrungenen Hexapoden und Arachnoideen, unter den Spinnen die wurmförmigen Sippen Linguatula und Entozoon den übrigen Milben voran. Es folgt daraus, daß wir nicht geneigt sein würden, die Skorpionen ihres schwanzförmigen Abdominal-Theiles wegen über die sonstigen Lungen-Arachnoideen zu stellen, wenn nicht das Ende dieses Schwanzes noch ein besonderes Organ die Giftdrüse mit dem Stachel darböte und nicht etwa noch andere Gründe für eine höhere Stellung sprächen. Unter den Fischen bleiben die langen Aale, Tänioiden und Lepidopiden in mehr als einer Hinsicht hinter ihren sonstigen Verwandten zurück. Unter den dipnoen Reptilien stehen die Cöcilien, die langstreckigen Perennibranchiaten und Molche den Schwanz-losen Batrachiern, unter den Monopnoen die Schlangen und schlangenförmigen Schuppen-Echsen den übrigen kürzeren Formen offenbar nach. So ist es mit den Walen den übrigen placentalen Säugethieren gegenüber, so mit den geschwänzten Affen gegen die Schwanz-losen, obwohl auch hier der Schwanz sich als ein accessorisches Bewegungs-Organ darleihet, wie in geringerem Grade im ganzen Kreise der Wirbel-Thiere überhaupt. Man mag daher wohl manche Ausnahme geltend machen können, aber es unterliegt keinem Zweifel, daß, von den hier außer der Reihe stehenden Vögeln abgesehen, jede Wirbel-Thier-Klasse eine um so unvollkommnere ist, eine je wichtigere Rolle im Allgemeinen der Schwanz bei ihr spielt, einen je Rumpf-artigeren Theil des Körpers er im Ganzen ausmacht, oder je weniger der Körper in Folge der Entwickelung desselben konzentrirt ist (Fische, Reptilien und Wale den übrigen Säugethieren gegenüber). Daß aber auch hier die Konzentrirung des Rumpfes durch eine Anpassung zu anderen Zwecken eine besondere Bedeutung erfahren oder selbst durch offenbare Verkümmerung ins Gegentheil überschlagen kann, zeigen die Flug-Thiere und die Frösche.

Was vom ganzen Körper gesagt ist, gilt auch von seinen einzelnen Organen, die wir nur noch von den Aktinozoen, welche wir bereits im Ganzen beurtheilt, aufwärts zu verfolgen haben. Fragen wir nach den Ernährungs-Organen, so sehen wir die Gallen-Gefäße, welche anfangs in allerlei Formen vertheilt, bei den phlebenteraten Gastropoden sogar bis in die dorsalen Kiemen zerstreut

sind (S. 227), sich immer mehr zusammenziehen, bis sie zuletzt und insbesondere bei den Wirbel-Thieren eine kompakte räumlich abgeschlossene Leber bilden. Und ganz eben so verhält es sich mit den Harn-Werkzeugen, die sich zuletzt in 2 Nieren konzentriren. Was die Athmungs-Organe betrifft, so sehen wir bei den Wasser-Athmern zuerst die ganze Oberfläche des Körpers als Kiemen funktioniren. Bei den palliobranchiaten und lamellibranchiaten Mollusken bedecken diese letzten Organe die ganzen Seiten des Körpers, und bei den gymnobranchen und verwandten Gastropoden säumen sie dessen Rücken oder dessen Seiten, um sich dann auf einen enger begrenzten Raum zusammenzuziehen (vgl. S. 223 ff.). Ebenso nehmen sie bei vielen Krustern in Blasen- oder Blätter-Form einen größeren Theil der Unterseite des Körpers ein, ehe sie sich bei den Dekapoden auf die Brust zurückziehen. Unter den Luft-athmenden Insekten ist zunächst bei den Myriopoden und Hexapoden der ganze Körper Lunge, während bei den Arachnoiden die Athmungs-Löcher sich nur auf den hinteren oder mittlen Theil des Körpers zu beschränken pflegen und auch die inneren Luft-Kanäle (dem mehr entwickelten Kreislauf-Systeme gegenüber) eine geringere Ausdehnung behalten. Bei den Wirbel-Thieren endlich sehen wir die Kiemen-Öffnungen der meisten Chondropterygier ebenfalls zuerst auf eine längere Strecke des Körpers vertheilt sich bis zu der weit nach hinten gerückten Brustflosse erstrecken, während sie sich bei den Knochen-Fischen auf die Gegend dicht an dem Kopfe beschränken. Die Lungen der dipnoen Fische und der Reptilien, wo ein Bauchfell noch nicht vorhanden (insbesondere die der Schlangen), weichen weiter als bei den Säugethieren im Körper nach hinten zurück, oft weit in den Bauch hinein, während bei den Vögeln sich die Respiration mittelst der Luft-Säcke durch den ganzen Körper verbreitet. Was das Gebiß betrifft, so sind dessen Hauptbestandtheile, die Zähne, bei den Wirbel-Thieren anfangs in der ganzen Mund-Höhle vertheilt; auf den Gaumen-, Pflugschaar- und Schlund-Knochen, auf den Kiemen-Bögen, Ober- und Unter-Kieferbeinen stehen sie bei Fischen, auf diesen letzten und im Gaumen allein bei einem Theile der Reptilien, um sich, an Wirksamkeit immer mehr gewinnend, bei den übrigen Reptilien und den Säugethieren endlich ganz auf die Kieferbeine zurückzuziehen.

In den Generations-Organen kann, von den Aktinozoen an aufwärts, eine weitere Konzentrirung der einzähligen oder paarigen Organe nur noch insoferne stattfinden, als Eierstöcke und Hoden

allmählich mehr zusammengezogen und abgeschlossen erscheinen; man müßte denn auch die Vertheilung der Eier und Jungen längs dem Bauche berücksichtigen wollen, welche Kruster und Spinnen nach dem Legen mit sich herumtragen, wie es unter den Fischen und Reptilien noch einige Syngnathen und die surinamsche Kröte thun.

Hinsichtlich der Bewegungs-Organe, die wir bei den Aktinozoen nach allen Seiten hin vertheilt gesehen, genügt es zu erinnern, daß bei den Lamellibranchiaten und Gastropoden die ganze Unterseite des Körpers nur ein Bewegungs-Organ ausmacht, während bei den Cephalopoden der Körper im Ganzen, die Arme und die seitlichen Haut-Flossen im Besonderen bei den Bewegungen mitwirken. Auch bei den Würmern dient der ganze Körper als Bewegungs-Organ, mögen sie nun kriechen, im Wasser schlängeln, wie Raupen spannen oder langsam schwimmen (S. 342). Bei den Krustern sind die Flossen, Schwimm- und Geh-Füße, wenn einzeln genommen, vielleicht nicht immer zahlreich, doch mehr und weniger über die ganze Körper-Länge vertheilt, wie auch bei den meisten Fischen und unter den Land-Thieren bei den Myriopoden. Erst bei den Hexapoden und Spinnen ziehen sich die Lokomotions-Organe auf die Brust, die minder zahlreichen bei den Lungen-Wirbelthieren auf Brust und Becken und endlich auf das Becken allein zurück.

Am auffallendsten und gleichmäßigsten voranschreitend und zugleich am wichtigsten ist die Konzentrirung des Nerven-Systemes, indem auf ihr großentheils die Unterschiede der Haupt-Typen des Thier-Reiches beruhen. Bei den Aktinozoen sind die Haupt-Theile desselben ein oder zwei mit einander verkettete Ring-förmige Fäden um den Schlund, oder ein engerer an diesem und ein weiterer am Schirm-Rande, von welchem letzten die Augen und Tentakeln abhängig sind; dann bei den Weich- und Kerb-Thieren ein durch mehre Knoten mit Nerven für die Sinnes- und Freß-Werkzeuge verstärkter Schlund-Ring, von welchem bei den Weich-Thieren mehre seitliche Nerven-Fäden, bei den Kerb-Thieren ein doppeltes und durch eine Reihe Nerven-Knoten verkettetes Bauchmark für die Bewegungs-Organe ausgeht; endlich bei den Wirbel-Thieren ein mächtig über das gesammte übrige Nerven-System vorwaltendes Gehirn mit einem einfachen Rückenmark (S. 94). Wie auch bei den Wirbel-Thieren das Gehirn sich durch Zusammen- und Übereinander-Schiebung seiner Theile noch mehr und mehr konzentrire, ist S. 395 ff. nachgewiesen worden. Was die Sinnes-Organe betrifft, so sehen wir die Augen der Medusen

in dem ganzen Umfange des Schirmes, bei den Asterien an die Spitzen der Radien vertheilt, bei den Echinoideen zwar am Scheitel, aber in dem dem Munde gegenüberliegenden Pole versammelt.

Bei den mit Pecten verwandten Acephalen sind sie abermals am Mantel-Saume zerstreut und erst an den höheren (embryonischen) Bivalven in die Nähe des Gehirn-Knotens und der übrigen Sinnes-Organe bleibend zusammengedrängt. — Das Gehör-Organ ist zwar bei allen Mollusken in der Nähe des Nerven-Schlundringes, tritt aber bei einigen sechsfüßigen Insekten wieder ziemlich weit von da in den Vorderbeinen auf (S. 402), um dann später seine bleibende Stelle im Kopfe mit den übrigen Sinnes-Werkzeugen zusammen einzunehmen.

Auf dieser Konzentrirung der zusammenwirkenden Organe einestheils und auf der fortschreitenden Differenzirung verschiedener Körper-Gegenden anderseits beruhet aber auch zum Theil die allmählich fortschreitende Unterscheidung des ganzen Körpers in Kopf, Brust und Bauch, welche, wenn auch mit einigem Schwanken, bei den vollkommneren Insekten und den Wirbel-Thieren bleibend wird. Von den pteropoden und gastropoden Mollusken an drängen sich das Gehirn-Ganglion und die Sinnes-Organe beharrlich immer mehr am Mund-Pole des Körpers als dem Kopf-Ende und bald auch in einem äußerlich unterscheidbaren Kopfe zusammen, eine kleine Störung durch einige Würmer und andere Parasiten abgerechnet; — von den Hexapoden und Spinnen an ziehen sich die Bewegungs-Organe, von den Fischen an die Athmungs-Organe beharrlich an und in der Brust zusammen und bleibt der Bauch, der früher von der Brust außen und innen nicht unterscheidbar gewesen, den Verdauungs- und Fortpflanzungs-Werkzeugen allein vorbehalten, wozu sich bei den meisten Fischen und Reptilien, bei allen Vögeln und fast allen, insbesondere höheren Säugethieren das hintere Paar Lokomotions-Organe gesellt, jene und diese geschützt und getragen vom Becken, das an der Wirbelsäule festsitzt.

Die Verwachsung verschiedener Organe (S. 460) findet häufiger bei den Thier-Individuen während ihrer Metamorphose als in den Gruppen der aufsteigenden Thier-Reihe statt und verhält sich in beiden Stücken umgekehrt bei den Pflanzen.

Von Verwachsungen solcher Organe im reifenden Thiere, welche im Fötal- und Jugend-Zustande getrennt gewesen, war schon früher die Rede, und wir haben nur nochmals zuzufügen, daß diese Ver-

wachsungen weniger die progressive Entwickelung als die Anpassung an äußere Existenz-Bedingungen zu bezwecken scheinen und deshalb nur vorübergehend und nicht andauernd sind (z. B. die 2 Unterschenkel-Beine und die Metatarsal-Beine der Hufethiere, an die sich aber sogleich die Verwachsung eines großen Theils der Hand-Beine der Faulthiere anreiht). Zwar scheinen einzelne Verwachsungen, die vom Nerven- und Bewegungs-Systeme abhängen, eine Ausnahme zu machen, die wir einer Musterung unterziehen wollen. Unter den gleichmäßig fortschreitenden Verwachsungen erwähnen wir zuerst derjenigen der heterotypen Bestandtheile des Schädels und anderer Knochen, die bei Fischen und Reptilien zeitlebens getrennt, bei den Säugethieren nur im Jugend-Zustande während ihres eigenen Zuwachsens unverbunden erscheinen, später aber selbst ohne Spur von Naht mit einander vereinigt gefunden werden. Auch einige paarige homotype Schädel-Knochen verwachsen auf diese Weise ohne spätere Naht mit einander. Aber wir beobachten noch einige andere Fälle von Verwachsung homonymer und homotyper Theile. Es ist wohl erinnerlich, daß bei den Weich-Thieren seitliche Nerven-Stränge vom Schlund-Ringe aus nach den Bewegungs- und Respirations-Organen ziehen, die sich nur selten am Ende noch einmal verbinden, daß bei einigen flachen und breiten Hirudineen unter den Würmern dieselben etwas näher gegen die Mittellinie des Bauches zusammenrücken, daß sie bei den übrigen Kerbthieren sich dort aneinanderlegen und in mehr und weniger zahlreichen Ganglien mit einander verwachsen, daß aber auch die Strecken zwischen den Ganglien mit einander verschmelzen, wo dieselben sehr kurz oder der sie umschließende Körper sehr dünn und ohne äußere Organe ist, und daß endlich das Rückenmark der Wirbel-Thiere nur noch einfach ist. Es ist endlich erwähnt, daß während der Metamorphose der Hexapoden, wo der Raupen-Körper sich verkürzt und ein Theil der Füße verschwindet, einige der hintereinander liegenden Bauchmark-Ganglien theils durch Verkümmerung und theils durch Verschmelzung mit anderen verschwinden (S. 391), in welch' letztem Falle dann auch die zwei zuvor zwischen ihnen gelegen gewesenen Nerven-Stränge sich verlieren müssen. Was sich so zuerst im Fortschritte von Kreis zu Kreis des Thier-Systemes und dann während der Metamorphose der Hexapoden zeigt, darf der Analogie gemäß wohl auch bei'm Fortgang in einer Klasse der Kerbthiere zur anderen als Fortschritt angenommen werden. Eine solche fortschreitende Verminderung der Ganglien-

Reihe, die allem Anscheine nach zum Theil auf einer Verwachsung aneinander grenzender Ganglien beruht, indem die durch Verschmelzung entstandenen dann auch größer sind und mehr Organe mit Nerven versehen als andere, ergibt sich auch, wenn wir die Dekapoden von den Makruren zu den Brachyuren, und indem wir die Myriopoden zu den Hexapoden und diese zu den Spinnen verfolgen (S. 390—392). Sie zeigt sich bei'm Übergang der getrennten Ocellen einiger Myriopoden-Sippen in die zusammengehäuften (S. 407), und es möchten alle zusammengesetzten Augen der ?Kruster und Hexapoden wohl als solche konzentrirte Ocellen betrachtet werden können.

Das Gesetz der Zahlen-Reduktion homonymer Organe scheint auf den ersten Blick in Widerspruch zu stehen mit dem der fortschreitenden Differenzirung; doch haben wir wiederholt hervorgehoben, daß nur diejenigen Erscheinungen dahin gehören, wo mit der Reduktion der Zahl auch eine weitere Differenzirung der noch übrig bleibenden homonymen Organe verbunden ist; außerdem läge Verkümmerung vor. Das Gesetz der fortschreitenden Konzentrirung durch Annäherung zusammen wirkender Organe steht mit keinem anderen in Konflikt; aber das der Konzentrirung durch fortschreitende (statt der bloß anpassenden) Verwachsung wäre mit dem der fortschreitenden Differenzirung in einem so strengen Widerspruch, daß sich beide gegenseitig aufheben würden. Und in der That könnten wir außer etwa den angeführten Belegen kaum noch andere nennen und kein Organ bezeichnen, das durch die ganze Thier-Reihe hindurch einer immer weiter fortschreitenden Verwachsung unterläge, indem es durch Verwachsung überall nur zeitweilige Modifikationen zu besonderen, in den äußeren Existenz-Bedingungen liegenden Zwecken zu erfahren scheint. Nur in dem Falle der Verschmelzung mehrer, ursprünglich für verschiedene Ringel des Körpers bestimmt gewesener Nerven-Knoten in einen, sobald diese verschiedenen unter sich gleichwerthigen Ringel zu einer kleineren Anzahl differenterer Gruppen (Kopf, Brust und Bauch) zusammenrücken, wovon wenigstens der einen oder der anderen an einem Nerven-Knoten genügt, weil jede Ringel-Gruppe eine andere gemeinsame Funktion, und nicht mehr alle Ringel alle Funktionen zugleich haben, — nur in diesem oder in ihm analogen Fällen kann eine Konzentrirung durch Verwachsung als Bedingung fortschreitender Entwickelung der Organisation neben der Differenzirung ohne Widerspruch bestehen, indem sie ja selbst eine Differenzirung bewirkt. Die Bildung je zweier zusammengesetzter Augen aus vielen

einfachen wird sich als eine fortgesetzte Konzentrirung durch Annäherung ansehen lassen, durch welche die Funktion nicht beeinträchtigt sondern verstärkt wird.

So werden wir uns nun auch zur Betrachtung der Konzentrirungs-Vorgänge bei zusammen wirkenden Theilen der Pflanzen wenden können. Man darf hierher gewiß vor Allem die Zusammenwirkung der männlichen und weiblichen Genitalien rechnen, welche bei kryptogamischen Gefäß-Pflanzen, bei vielen Monokotyledonen, bei fast allen apetalen und bei manchen polypetalen Dikotyledonen entweder auf verschiedenen Pflanzen oder doch wenigstens in verschiedenen Blüthen getrennt sind, bei den gamopetalen Dikotyledonen aber nur selten, bei den Synanthereen zwar allerdings zum Theil getrennt, aber nach gewissen Regeln unter die beisammenstehenden Blüthen eines jeden Anthodiums vertheilt vorkommen. Daß bei den Thieren umgekehrt die Geschlechter in den höheren Kreisen auseinander gehen, kann hier nicht als Einwand gelten, da die Blume, die sich selbst genügt, gewiß in eben dem Grade vollkommner ist, als das Zwitter-Thier, das noch keine Bestimmung zum geselligen Familien-Leben in sich fühlt, auf einer unvollkommneren Stufe zurückbleibt. Aber auch die Trennung und Vereinigung der Perigon-Theile bei den Monokotyledonen, der Kronen-Theile bei den Dikotyledonen scheint eine Folge jenes Gesetzes, nämlich der Konzentrirung homotyper Theile durch Verwachsung zu sein, indem sich die ersten Spuren des Perigons überhaupt in der aufsteigenden Reihe des Pflanzen-Systemes nicht in Form geschlossener Röhren, sondern einzelner Schuppen wie bei vielen Julifloren, oder von Schuppen-Kreisen zeigen, so daß die apetalen und polypetalen Pflanzen-Familien manchfaltig ineinander greifen, die erst-genannten aber mit den gamopetalen wenig Verwandtschaft zeigen. Im Verlaufe der individuellen Entwickelung aber sind Verwachsungen und Trennungen (nicht Zerreißungen, Dehiscenz u. dergl.) bei den Pflanzen überhaupt so unerhört, eine Metamorphose ist ihnen überhaupt so fremd, daß wir hier keine Hülfe in dem Studium embryonischer Typen zu finden erwarten dürfen*).

---

*) Was wir über das Verwachsen der Blumen-Krone sagen, ist natürlich auch für den Kelch gültig, nur daß dessen Charaktere nicht den gleichen Werth wie die der Blumen-Krone zu besitzen pflegen, und daß seine Verwachsung in einen gamosepalen Kelch schon tiefer unten in der Stufen-Folge des Systemes eintritt, als

Was in der organischen Einrichtung der Pflanzen und Thiere als höher-stehend betrachtet werden soll, muß sich auch als vollkommner beweisen oder wenigstens immer vom Vollkommneren begleitet sein. Das bloße Wort Verwachsung und Trennung kann und soll bei sonst zweifelhafter Sach-Lage nichts entscheiden; und da nun noch der größte Theil der Botaniker sich zur Ansicht bekennt, daß die Polypetalen über den Gamopetalen stehen, so müssen wir auch auf diese Frage etwas näher eingehen. Die Kreise Blatt-artiger Organe der Blume, wie der Kelch, die Krone, die Staubgefäße, die Perikarpial-Klappen führen durch Metamorphose (im Göthe-schen Sinne) stufenweise und allmählich vom gewöhnlichen Stengel-Blatte zur Genitalien-Bildung und Fortpflanzung hinauf, doch so, daß die Staubgefäße der Krone und daß die Perikarpial-Blätter dem Kelche und den Stengel-Blättern näher stehen und in dieselben zurückschlagen können. Die Aufgabe von Kelch und Blumen-Krone scheint keine andere zu sein, als Saamenträger- und Antheren-Bildung morphologisch vorzubereiten und dieselben, wenn sie materiell vorhanden, zu schützen. Während nun eine fortschreitende Trennung homonymer Organe, wenn sie mit Differenzirung verbunden ist, in der Regel zur größeren Selbstständigkeit und Vollkommenheit ihrer Verrichtungen führen muß, haben wir doch auch schon bei den Thieren einige besondere Fälle gefunden, wo dasselbe Ziel durch Verwachsung (und Zahlen-Verminderung) erreicht werden kann. Nun unterliegt es einestheils keinem Zweifel, daß eine verwachsen-blätterige Blumen-Krone die beiderlei Genitalien unter übrigens gleichen Verhältnissen besser zu schützen geeignet ist, als eine getrennt-blätterige. Andern-theils ist es eben so augenscheinlich, daß in allen Blüthen mit gamo-petaler Krone eben diese Krone sowohl vom Kelche als von den Staubgefäßen und Stengelblättern weiter differenzirt ist, als die getrennt-blätterige Krone zu sein pflegt, wo man oft nicht weiß, ob man nicht einen zweiten Kelch vor sich habe, oft aber auch die Kronen-Blätter im Übergang zu den Staubgefäßen und diese in Umbildung zu Kronen-Blättern begriffen sieht, ein Fall, der selbst an normalen polyandrischen und vielblätterigen Blüthen häufig ist,

---

die Verwachsung der vielblätterigen in eine gamopetale Krone. Ob endlich nicht auch die Verwachsung der Staubgefäße eben so gedeutet werden könne, wollen wir vorerst gänzlich dahin gestellt sein lassen, da die Beantwortung der Frage schwierig und jedenfalls ohne praktischen Gewinn sein würde.

während er bei gamopetalen Blüthen selten und ohne Monstrosität gar nicht denkbar erscheint. Dazu kommt nun, daß die polypetalen Dikotyledonen eben so reich an Holz- wie an Kraut-Gewächsen sind, während diese letzten bei den Gamopetalen weit vorherrschen, daß uns aber dieses Jahrhunderte lang währende Hervorsprossen von Blätter- und Blüthen-Zweigen aus anderen eine tiefere Entwickelung anzudeuten scheint, wie sie bei den Thieren nur den Polypen zusteht und an den Generations-Wechsel der Bandwürmer (S. 135, Fig. 76) erinnert. Diese Betrachtungen so wie die Wahrnehmung, daß die getrennt-blätterige Blume eben sehr oft auch eine vielblätterige, vielmännige und vielweibige ist, während die verwachsen-blätterige nur selten mehr als vier- oder fünf-männig und selten mehr als 1-—2weibig und oft nur einsaamig erscheint, und daß über diese Zahlen-Verhältnisse anders als bei den Thieren zu urtheilen kein Grund vorliege, Dieß Alles zusammengenommen bestimmt uns die gamopetalen über die polypetalen Dikotyledonen, und die Monokotyledonen mit verwachsen-blätterigem Perigon über die mit getrennt-blätterigem zu stellen, wobei wir indessen gern bekennen, daß dieses Merkmal bei Pflanzen nur von relativer klassifikatorischer Wichtigkeit in Ermangelung eines besseren sein mag, und daß es strenge durchgeführt vielleicht mehr der Bequemlichkeit als der Natur entsprechen würde, wenn man alle gamopetalen Pflanzen-Familien zusammen ordnete, daß indessen doch auch andere erheblichere Verwandtschaften in der Regel dadurch nicht sehr beeinträchtigt zu werden scheinen.

D. Zentralisirung der Organen-Systeme.

Einen organischen Mittelpunkt, ein Zentral-Organ, werden wir nur in den mehr und weniger ausgedehnten Organen-Systemen zu finden erwarten dürfen, vorausgesetzt daß es nach der Natur dieser Systeme möglich ist, ihre Thätigkeit von einem Zentral-Punkte aus zu leiten, d. h. daß entweder irgend eine Art Kreislauf oder Ab- und Zu-strömung der Thätigkeit wie im Blutgefäß-, Athmungs- und Nerven-Systeme höherer Thiere, oder ein Sitz vorherrschender Thätigkeit in einem Theile des Organen-Systemes, wie bei der Lokomotion mehrer vollkommnerer Thier-Klassen und bei der Athmung der Vögel stattfinde. Keines von beiden ist dagegen bei dem unmittelbaren

Ernährungs= und dem Fortpflanzungs=Geschäfte der Fall, und da dasselbe bei den Pflanzen noch einfacher und weniger konzentrirt als bei den Thieren ist, so kann dieses Gesetz auch im Pflanzen=Reiche überhaupt keine Anwendung finden, daher denn gerade in dieser Beziehung ein bemerkenswerther Fortschritt vom Pflanzen= zum Thier=Reiche stattfindet. Die unvollkommene Pflanze nimmt unorganische Nährstoffe mit ihrer gesammten Oberfläche, die vollkommnere mit ihren Wurzeln sowohl als mit der ganzen grünen Oberfläche des Stengels auf und scheidet das Überflüssige durch letzte wieder ab; sie vergrößert und vervielfältigt diese freie Oberfläche durch Zweig= und Blatt=Bildungen um so mehr, je lebhafter der Stoffwechsel in Einklang mit ihrer höheren Entwickelung vor sich geht. Bei den Thieren dagegen geht, die Rhizopoden ausgenommen, zunächst die Ernährung im engeren Sinne allein vom Nahrungs=Kanale aus, in welchem wieder jeder Theil: Mund und Schlund, Magen und Darm, Dünn= und Dick=Darm und selbst die einzelnen Abtheilungen dieser zwei letzten und alle in den Nahrungs=Kanal einmündenden Sekretions=Organe jedes seine besondere wesentliche Verrichtung haben, und alle sind nur insofern von einander abhängig, als jeder hintere Theil von dem nächst vorhergehenden seine Zufuhr erhält, ohne ihm etwas zurückzugeben. Ja es ist schwierig zu sagen, welche von diesen verschiedenen Verrichtungen für die Ernährung des Thieres die wichtigste ist, ob die Aufnahme des Rohstoffes in den Nahrungs=Kanal, ob seine mechanische Verarbeitung, ob seine chemische Zersetzung oder die Auffaugung des flüssigen Nährstoffes durch die Darm=Wandungen und seine Überführung in die Säfte=Masse. Nur ohne die erste oder ohne die letzte dieser Verrichtungen wäre eine Ernährung bei allen Thieren absolut unmöglich. So gibt es wohl einen bestimmten Sitz für jede der genannten Funktionen, aber keinen Zentral=Sitz für die gesammte Thätigkeit, und wenn man zuweilen den Magen als solchen bezeichnet, so ist Dieß nur mit Hinsicht auf seine allseitig größere räumliche Ausdehnung gemeint, da seine Thätigkeit wenigstens nicht in allen Fällen so absolut nothwendig als die der Dünn=Därme ist, deren Gesammtraum mitunter größer als die des Magens sein mag, deren Thätigkeits=Betrag aber nicht von der Größe ihres Binnenraumes, sondern von der Ausdehnung ihrer Wandflächen abhängig ist. Zwar könnte man zu seinen Gunsten noch anführen, daß eine Verdauungs=Höhle ohne oder ein Magen mit eigenen Wandungen von den untersten Stufen des Systemes an,

mit Ausnahme der Parasiten, überall und oft allein vorkomme und mithin am nothwendigsten von allen Theilen des Darm-Kanales sein müsse; allein in diesem letzten Falle vereinigt dieser sogenannte Magen mit seinen Anhängen eben auch die Funktionen aller Theile gleichmäßig in sich.

Anders verhält es sich mit dem Blut-Kreislaufe, dessen Kanäle anfangs Wandungs-los, dann mit Wänden versehen sind, die erst Puls-los auftreten und dann bei den Tunikaten unter den Weichthieren, bei den Blutegeln unter den Kerbthieren, bei Amphiorus unter den Wirbelthieren pulsiren, ohne noch ein Zentral-Organ zu haben, welches sich dann als pulsirendes Herz bei den vollkommneren Mollusken zwar noch mehrzählig, bei den vollkommneren Kerbthieren einzählig, viel- und gleich-kammerig und nur für den einen der zwei Kreislaufe wirksam einfindet, von den höheren Reptilien an aber einzählig und mit weniger differenzirten Kammern beiden Kreisläufen gemeinsam vorsteht. Dieß Herz ist es, welches einer komplizirten Saug- und Druck-Pumpe gleich durch seine taktmäßigen Zusammenziehungen das Blut ohne Unterlaß gleichzeitig im großen Kreislaufe durch den Körper und im kleinen durch die Lungen treibt, durch seine Erweiterung es aus anderen Gefäßen und von einer anderen Seite her ebenso gleichzeitig aus Körper und Athmungs-Organ wieder einsaugt und so in wenigen Augenblicken das Blut in allen Theilen des Körpers zu erneuern im Stande ist (S. 206—208). Obwohl aber diese Pulsationen schon genügen, einerseits das Blut durch die Lungen oder Kiemen selbst zu treiben, so wird doch bei diesen auch andererseits der Ein- und Aus-tritt der Luft oder des Wassers durch eine eigene Athmungs-Bewegung vermittelt; Blut von der einen, Luft von der anderen Seite gehen durch einen eigenen Mechanismus, der in den Kiemen der Fische nur erst unvollkommen vorhanden ist, in der Lunge der drei höheren Wirbelthier-Klassen beständig ab und zu, und da bei den Vögeln überdieß die Athmung mittelst der von den Lungen aus durch die Luftsäcke verbreiteten Luft auch im übrigen Körper stattfindet, so läßt sich auch bei diesen 3 Klassen und bei den Vögeln insbesondere von einem Zentral-Punkte der Respiration sprechen und die Lunge als Zentral-Organ derselben bezeichnen.

Im Systeme der Generations-Organe ist, wie schon erwähnt, ein besonderes eigentliches Zentral-Organ kaum hervorzuheben. Bei den Cephalopoden sitzen sämmtliche Kopf-Arme auf einer Zentral-Scheibe fest (S. 337—340), und bei den Wirbelthieren dient den

normalen Paaren von Lokomotions-Organen die Wirbel-Säule als gemeinsame verbindende Achse, indem sie selbst sich gewöhnlich hinten noch in ein Hülfs-Werkzeug, den Schwanz, verlängert. Auch sie kann in dieser Weise als Zentral-Organ des Bewegungs-Systemes bezeichnet werden, während in den übrigen Klassen und Kreisen des Thier-Reiches ein solches nicht nachweisbar ist.

Am anwendbarsten dagegen ist dieser Ausdruck auf das Gehirn, als Zentral-Organ des ganzen Nerven-Systemes, aller verschiedenen Empfindungs- wie aller Sinnes-Nerven, und da es durch diese letzten auch die Thätigkeit sämmtlicher Muskeln der Lokomotions-Organe bestimmt, so ließe es sich auch zugleich als Zentral-Punkt des gesammten Bewegungs-Systemes bezeichnen. Obwohl die Nerven zu den Lokomotions-Organen zunächst vom Rückenmark ausgehen, so sind sie durch dieses letzte mit dem Gehirne doch in der Weise verbunden, daß dasselbe durch die Vermittelung beider die Bewegung eines jeden einzelnen Finger-Gliedes bewirken und ebenso durch Vermittelung der Empfindungs-Nerven von jedem Eindrucke Kenntniß erlangen kann, welchen dieses Glied in Folge der Bewegung empfängt. Die Stufenreihe der Gestaltungen aber, durch welche das Gehirn sich immer mehr und mehr zu einem Alles dominirenden Zentral-Organ erhebt, ist schon mehrfach beschrieben worden, so daß es hier genügt zu erinnern, wie bei den meisten Aktinozoen oft nur ein Ring-förmiger Nervenfaden, bei den Malakozoen und Entomozoen eine Ring-förmige Gruppe von Ganglien um den Schlund vorhanden ist, deren jeder einzelne oder jedes einzelne Paar der Thätigkeit eines anderen Organes, sei es Sinnes- oder Freß-Werkzeug, vorsteht, wozu sich bei den Insekten das doppelte Bauchmark gesellt, aus dessen Knoten die Nerven für die Lokomotions-Organe eines jeden Ringels des Rumpfes ausgehen. Alle diese Nerven-Knoten aber sind von fast gleicher Größe, und die über dem Schlunde gelegenen verdienen den Namen des Gehirnes nur insofern, als von da, wie bei den höheren Thieren aus dem Gehirne, die Nerven für die Sinnes-Organe entspringen. Erst bei den Wirbelthieren beginnt das Gehirn an Masse überwiegend zu werden über die anderen Nerven-Knoten, wie über die gesammte übrige Nerven-Masse, indem sich seine einzelnen Theile gleichzeitig mehr und mehr zusammenziehen und übereinanderschieben (S. 395—396). In welch' inniger Beziehung aber dieses Überwiegen des Zentral-Organes über die sonstige Nerven-Masse zur fortschreitenden organischen Thätigkeit

stehe, erhellt aus der Angabe, daß, die Masse des Rückenmarks überall = 1 gesetzt, durchschnittlich das Gehirn

der Fische . . . . . = 2
der Reptilien . . . . = 2,5
der Vögel . . . . . = 3
der Säugethiere . . = 4
des Menschen . . . = 23

ist. Aber sogar bei'm Menschen selbst scheinen noch sehr erhebliche Steigerungen nach Verschiedenheit der Racen vorzukommen, indem die Kapazität des Gehirn-Raumes im Schädel nach Morton beträgt:

bei Südsee-Insulanern . . . = 64 C''
bei Negern . . . . = 70 C''
bei Deutschen . . . . = 88 C''
bei Anglo-Sachsen . . . . . = 91 C''

welche absolut ausgedrückten Maaße freilich, wenn sie nicht mit den Maaßen des ganzen Körpers verglichen werden können, von durchaus untergeordnetem Gewichte sind, da auch Elephanten und Wale zuletzt noch ein absolut größeres Gehirn als der Mensch besitzen, das aber in einem weit untergeordneteren Verhältnisse zur Körper-Masse steht.

E. Internirung der Organe.

Die Thätigkeit eines Theiles der Organe ist auf das Innere des Körpers beschränkt; andere haben die Wechselthätigkeit des Organismus mit der Außenwelt zu vermitteln. Während jene ganz im Inneren verschlossen sind, müssen diese entweder ihre Stelle an der Oberfläche des Körpers finden, oder, wenn im Inneren desselben gelagert, mit den äußeren Medien durch Öffnungen in Verbindung stehen. Wir sehen in der That mehre Organe, die bei unvollkommneren Wesen eine oberflächliche Stelle einnehmen, bei vollkommneren sich mehr ins Innere zurückziehen und mit der Außenwelt nur noch durch Öffnungen in einer Weise verkehren, daß sie selbst, in einen engeren Raum zusammengezogen, gegen Beschädigung geschützter und in ihrer Thätigkeit gesicherter erscheinen als im ersten Falle. Natürlich ist die Zahl der Organe, welche sich so ins Innere zurückziehen, nicht nur an und für sich, sondern auch insofern beschränkt, als doch immer ein Theil derselben die Oberfläche bilden muß. Bald sind die nach innen tretenden Organe bloße Einstülpungen der äußeren

Oberfläche, wie der Nahrungs-Kanal und die Athmungs-Werkzeuge höherer Thiere; bald treten Hülfswerkzeuge zum Schutze derselben außen hinzu, wie bei den Augen; bald sind die innerlich, statt der äußeren, auftretenden Organe reine Gebilde ohne Homologie mit diesen letzten, wie das Knochen-Skelett.

Es ist jedoch schwer, auf der Stufenleiter des Pflanzen-Reiches selbst treffende Belege für dieses Gesetz zu finden, weil hier nur zwei (statt vier) Organen-Systeme und diese in weit einfacherer Beschaffenheit vorhanden sind als bei den Thieren. Der Kreislauf findet daher im Inneren, die Athmung an der Oberfläche statt, wo an besonderen Stellen auch die beiderlei Generations-Organe sich einfinden, deren Wechselwirkung durch das umgebende Medium vermittelt werden soll. Wir können nur die Erscheinung hierher ziehen, daß die Generations-Organe, sobald sie einmal frei und selbstständig geworden sind, bei den Monokotyledonen (Glumaceae, Helobiae, Aroideae) oft ohne Perigon, dann mit solchem, bei den Dikotyledonen erst ohne Kelch, dann vom Kelche, hierauf von Kelch und getrennt-blätteriger und endlich von Kelch und verwachsen-blätteriger Krone umgeben erscheinen, wodurch sie eine mehr und mehr innerliche und geschützte Lage gewinnen, zumal die Helm- und Lippen-förmigen Kronen oft eigens dazu gestaltet zu sein scheinen, sie besser zu schützen. Auch die Verwachsung des Ovariums mit dem umgebenden Kelche, wie solche mit epigyner Stellung der Staubgefäße vereint zu sein pflegt, könnte noch in diesem Sinne gedeutet werden, wenn man nicht gerade in solcher Verwachsung eine theilweise Aufhebung der Differenzirung zwischen Ovarium und Kelch erkennen müßte. In allen jenen Fällen jedoch ziehen sich die Generations-Organe selbst nicht eigentlich tiefer ins Innere zurück, sondern werden nur von neu gebildeten Hüll-Theilen umgeben, man müßte denn mit Schleiden, Naudin u. A. das Ovarium inferum nicht mehr als eine Verwachsung des Ovariums mit dem Kelche, sondern als eine Einsenkung desselben in das hohle Ende des Blüthen-Stieles betrachten, wie Das neuerlich auch von Caspari dargethan wurde. Dagegen wird allgemein der gänzliche oder theilweise Mangel eines Pericarpiums außer dem Perianthium bei den gymnospermen Dikotyledonen (Koniferen und Cycadeen) als ein Charakter solcher Inferiorität bei diesen Familien anerkannt, daß sie durch ihn sogar noch unter den Kreis der Monokotyledonen herabzusinken scheinen.

Deutlich tritt das Internirungs-Gesetz bei'm Übergange vom Pflanzen- zum Thier-Reiche auf. Denn während bei der Pflanze die ganze Oberfläche der weichen Wurzel und die ganze grüne Oberfläche des Stengels mit Aufnahme von Nahrstoff und diese letzte mit Abscheidung des Überflüssigen beschäftigt ist, findet bei den Thieren, 2—3 der tiefsten Klassen ausgenommen, die Aufnahme der organischen Nahrung nur durch die innere Oberfläche längs des Darm-Kanals statt und wird die Ausscheidung des Überflüssigen, mit Ausnahme des Schweißes, nur durch innere Organe verschiedener Art vermittelt.

Häufig begegnet man der Erscheinung des Rückzugs anfangs äußerer Organe ins Innere des Körpers auf den Stufen-Reihen des Thier-Reiches selbst. Die Gift-Organe, welche bei den nesselnden Quallen u. s. w. ganz über die Oberfläche vertheilt sind, ziehen sich bei Kerb- und Wirbel-Thieren ins Innere, und zwar in den Mund, zurück; freilich sind sie mit jenen ersten nicht homolog. Während bei den Rhizopoden die ganze äußere Oberfläche Verdauungs-Fläche ist und sich mit dem ergriffenen Nahrungs-Körper nur einstülpt, um die Berührung mit ihm zu vervielfältigen, ist auch bei den Vorticellen, Polypen, Quallen u. s. w. die Verdauungs-Höhle noch kaum etwas anderes als eine bleibend eingestülpte Oberfläche, die sich dann freilich stärker abscheidet. Am meisten kommen jedoch die Athmungs-Organe in Betracht. Auch an ihrer Stelle funktionirt die gesammte äußere Oberfläche nicht nur bei den Amorphozoen, sondern auch bei den unvollkommensten Formen der Aktinozoen, Malakozoen und Entomozoen. In Form von Kiemen auftretend haben sie bei den Echinodermen und den meisten Kopf-losen Mollusken eine äußere Lage, welche allerdings bei den zuletzt genannten durch den Mantel gedeckt und durch Schließung der Schaale noch mehr geschützt werden. Bei den Tunikaten aber, wo die Schaale fehlt, schließt sich zu ihrem besseren Schutze auch der Mantel um sie her bis auf eine kleine Öffnung und versieht sich dessen Oberfläche zuweilen noch mit einem Überzug aus fremdartigen harten Körpern (Steinen, Schaalen 2c.).

Selbst bei den Lamellibranchiern sehen wir von den Monomyen beginnend und zu den Homomyen und endlich Heteromyen fortschreitend den Mantel sich durch Verwachsung seiner Hälften mehr und mehr um die Kiemen schließen, so daß zuletzt nur noch eine kleine Öffnung am hinteren Ende des Thieres für den Eintritt des zur Respiration

nöthigen Wassers bleibt. Wieder kommen bei den pteropoden und unvollkommneren gastropoden Kopf-Mollusken die Kiemen ganz frei (Gymnobranchier) oder bloß unter die Ränder des Mantels zu liegen, um sich erst bei den ktenobranchen Gastropoden und Cephalopoden wieder tief in eine geschlossene Mantel-Höhle zurückzuziehen, wo das Wasser nur durch eine verschließbare Mündung aus- und ein-treten kann, wie Dieß für die Mollusken überhaupt ausführlicher entwickelt und mit Fig. 159—176 belegt worden ist. Unter den Kerbthieren zeigen die Ringelwürmer ihre Kiemen ganz frei an den Seiten liegend (Fig. 180); die Kruster solche ebenfalls frei oder nur etwa durch Klappen oder Schuppen-Füße etwas gedeckt, bis sie bei den Dekapoden sich unter den Thorax zurückziehen, der sich eigens zu ihrem Schutze entwickelt und über den Rücken der Kiemen-tragenden Leibes-Glieder ausgedehnt zu haben scheint (S. 233, Fig. 182—184?). Bei den Fischen endlich nehmen die Kiemen bleibend eine innere Stelle ein, wo sie durch zeitweise Schließung der nach außen verkehrenden Öffnungen ganz geschützt liegen. — Bei den immer verhältnißmäßig vollkommneren Luft-Thieren sind die Athmungs-Flächen und Athmungs-Organe schon von Anfang her nothwendig innere, weil sie, als stark ausdünstende Organe, bei äußerer Stellung mit Luft statt mit Wasser in steter und allseitiger Berührung bleibend häufiger Vertrocknung ausgesetzt sein würden, die ihre Funktion unterbräche, wie Das auch bei Kiemen-Thieren im Trocknen wirklich der Fall ist, so daß bei allen denjenigen, welche zeitweise außer dem Wasser leben, die die Kiemen enthaltenden Höhlen fest verschließbar sind (Aale u. s. w.).

Auch dieses Gesetz mithin stimmt in seinem Auftreten in Bezug auf die Athmungs-Organe ganz mit dem Auftreten aller früheren Gesetze überein insofern, als es fast in jedem neuen Kreise oder Unterkreise des Thier-Reiches wieder auf einer tieferen Stufe beginnt, als wo es im nächst vorhergehenden Kreise aufgehört hatte; es ist so wenig als eines der früheren geeignet, die ihm unterworfenen Bildungen in einfacher aufsteigender Ordnung aneinander zu reihen.

Wie die Athmungs-Organe, so sehen wir auch die Sinnes-Werkzeuge sich mehr und mehr in's Innere zurückziehen in dem Maaße, als es ihr Verkehr mit der Außenwelt erlaubt. Das bei Fischen und Reptilien oberflächlich gelegene Paukenfell kann schon bei den Krokodilen durch eine Klappe bedeckt werden und senkt sich bei Vögeln und Säugethieren immer tiefer in den Schädel ein, obwohl zu Ver-

stärkung seiner Wirksamkeit bei den meisten der letzten auch die äußere Ohr-Muschel sich immer mehr entwickelt. Ebenso das Auge. Unbeweglich und unbedeckt liegend bei den Wirbel-losen Thieren, wie bei den Fischen und Schlangen, gewinnt es Beweglichkeit und schützende Lider bei den übrigen Reptilien, bei den Vögeln und Säugethieren. Bei den Krustern modifizirt sich diese Erscheinung noch in gleichem Sinne weiter, indem es anfangs so wie bei den anderen Wirbel-losen ungeschützt an der Oberfläche des Kopfes hervortritt, dann aber bei den Stomatopoden und Dekapoden (welche zusammen die Abtheilung der Podophthalmen von freilich sehr ungleicher Entwickelungs-Höhe bilden) sie sich auf Stielen erheben, welche an den Kopf angelenkt sind und sich mit denselben in besondere Augen-Höhlen zurücklegen können, die wieder bei den Makruren weniger als bei den höheren Brachyuren entwickelt sind. Und ähnlich zeigen sich die Fühler bei den zwei zuletzt genannten Gruppen.

Etwas anders verhält es sich mit dem Skelette der Thiere, welches in den unteren unvollkommneren Kreisen dem äußeren Haut-Systeme angehörig, ein bloß entliehenes Organ, bei den Wirbelthieren in's Innere übergeht und dafür die Muskeln nach außen versetzt, welche bisher im Skelette lagen. Vordem vom Skelette geschützt, dienen sie nun ihm zum Schutze; es ist daher in dieser Richtung nichts gewonnen. Auch liegt der Zweck der Veränderung nicht hierin, sondern in der Vervollkommnung und Vereinfachung des gesammten Lokomotions-Systemes, dessen Leistungs-Fähigkeit, wie früher schon nachgewiesen worden ist, mit dieser Vereinfachung nach allen Richtungen gewinnt.

F. Größe-Zunahme.

Eine ansehnliche Körper-Größe genügt an und für sich schon, sonst wehrlose Thiere aller Art gegen die Angriffe beträchtlich kleinerer — mit Ausnahme von Parasiten — zu schützen, den Raubthieren selbst aber eine bedeutende Überlegenheit über andere zu sichern. Eine größere räumliche Ausdehnung der Organe erhöhet ihre Fähigkeit, vermehrt z. B. die Zahl der einen Muskel zusammensetzenden Faserbündel, vergrößert die Stärke des Skelettes, gestattet den Perceptions-Flächen der Sinnes-Organe eine größere Wirkung und verstärkt ohne Zweifel die Leistungen des Gehirnes und Rückenmarkes selbst

dann, wenn diese sich nur in gleichem Grade mit den übrigen Körper-Theilen vergrößern, noch mehr aber, wenn ihre Massen-Zunahme eine raschere ist. Von der Steigerung dieser Fähigkeiten und Leistungen ist zweifelsohne auch noch die anderer, wie Muth und Thatkraft, abhängig. So sehen wir denn auch in der That die Thiere im Allgemeinen von Kreis zu Kreis an Größe zunehmen, in ungefähr gleichem Verhältnisse wie durchschnittlich ihre Fähigkeiten wachsen, wenn auch nicht überall in genauer Parallele mit den einzelnen Klassen. Die meist mikroskopischen Amorphozoen werden von den Körpern der Strahlen-Thiere an Größe übertroffen, diese von einem Theile der Weichthiere überboten, hinter welchen freilich im Allgemeinen die Kerbthiere zurückbleiben, insbesondere die Tracheen-Insekten, soferne mit ihnen wieder eine neue Thier-Reihe, die der Luft-Bewohner, beginnt, während unter den ihnen vorangehenden Krustern des Wassers Thiere von zwei Fuß Länge vorkommen und früher solche von zehn Fuß vorgekommen sind*). Unter den Wirbelthieren schließt sich die Größen-Zunahme der Wasser-Bewohner an die der Mollusken an und schreitet gleichmäßig bei Fischen, Reptilien (Krokodilen) und Säugethieren (Wale) fort, wie auf der anderen Seite die Land-Bewohner sich an die Luft-Insekten anreihen und ihre größten Repräsentanten, obwohl fortwährend hinter den Wasser-Bewohnern zurückbleibend, von Klasse zu Klasse wachsen. Gleichwohl sind in jeder einzelnen Klasse für sich genommen die Größen-Verschiedenheiten so bedeutend, daß die kleinsten Fische, Reptilien, Vögel und Säugethiere nicht wesentlich von einander abweichen. Wenn man in jeder Klasse aber fortwährend nur Wasser-Bewohner mit Wasser-Bewohnern, Land-Bewohner mit Land-Bewohnern ver-

---

*) Dana gibt folgende Stufenleiter für die mittle Körper-Länge der verschiedenen Ordnungen derselben an:

Decapoda	30'''
Tetradecapoda	6'''
Entomostraca	1'''
Cirripedes	1'''
Rotatoria	0'''6

mit dem Bemerken, daß festsitzende Formen, die bei manchen parasitischen Krustern nur in Weibchen bestehen, indem bei ihnen die vegetative Seite des Lebens vorwaltend wird, sich weit über das ihnen systematisch zustehende Maaß zu vergrößern pflegen, während ihre Nerven nicht größer als bei den kleineren Verwandten oder selbst Männchen sind.

gleicht, so scheint auch da meistens die Größe bis in die Ordnungen herab einen Ausschlag zu geben, so daß sich der riesige Elephant über die anderen Pachydermen, der große Löwe über die anderen Raubthiere, der klafterhohe Orang über sämmtliche übrigen kleineren Affen in gleichem Grade wie hinsichtlich ihrer Gesammt-Organisation und geistigen Entwickelung erheben. Aber freilich sind diese Organisationen und die ihnen entsprechenden Fähigkeiten bei den verschiedenen Säugethier-Ordnungen je nach Nahrung und Lebens-Weise wieder von so verschiedener Art, daß es schwer ist, sie mit einander zu vergleichen und dabei ein früher aufgestellter Grundsatz wohl Berücksichtigung verdienen möchte, daß nämlich diejenigen Qualitäten am meisten zu beachten seien, welche im Kulminations-Punkte des gesammten Thier-Systemes auch ihre höchste Entwickelung zu finden bestimmt sind, wenn gleich das Raubthier im Allgemeinen dem Pflanzenfresser an Muth, Stärke und List überlegen sein mag. Aber Blut-Durst bezeichnet nicht den Scheitelpunkt des Thier-Systems; höher steht das erhaltende und gestaltende Wirken!



Gedruckt bei E. Polz in Leipzig.

